

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA**



**André Augusto de Vasconcelos Carvalho**

**Análise comparativa entre processos para elaboração  
de Plano de Execução BIM, visando à aplicação na  
FAB**

Trabalho de Graduação

2018

**Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica**

**André Augusto de Vasconcelos Carvalho**

**Análise comparativa entre processos para  
elaboração de Plano de Execução BIM, visando à  
aplicação na FAB**

Orientador

Frank Cabral de Freitas Amaral Ten Cel Eng. (CO-DCTA)

Coorientadora

Prof.<sup>a</sup>. M<sup>a</sup> Mônica Mendonça Maria (UNIVAP)

Relatora

Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maryangela Geimba de Lima (ITA)

**ENGENHARIA CIVIL-AERONÁUTICA**

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2018

## **Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

### **Divisão de Informação e Documentação**

André Augusto de Vasconcelos Carvalho  
Análise comparativa entre processos para elaboração de Plano de Execução BIM, visando à aplicação na FAB / André Augusto de Vasconcelos Carvalho  
São José dos Campos, 2018.  
Número de folhas no formato 67f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia Civil – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2018.  
Orientador: Frank Cabral de Freitas Amaral Ten. Cel. Eng. Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Mônica Mendonça Maria

1. BIM. 2. BIM Mandate 3. PEB 4. Plano de Execução BIM 2018. II. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. III. Análise comparativa entre processos para elaboração de Plano de Execução BIM, visando à aplicação na FAB.

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

CARVALHO, André A. V. **Análise comparativa entre processos para elaboração de Plano de Execução BIM, visando à aplicação na FAB.** 2018. 67f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

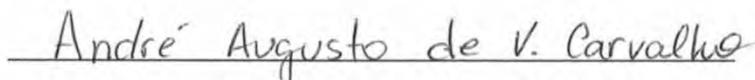
NOME DO AUTOR: André Augusto de Vasconcelos Carvalho  
TÍTULO DO TRABALHO: Análise comparativa entre processos para elaboração de Plano de Execução BIM, visando à aplicação na FAB.  
TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2018

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

*André Augusto de V. Carvalho*  
André Augusto de Vasconcelos Carvalho  
Rua Padre Fialho, 349, Centro  
62010 - 330, Sobral - CE

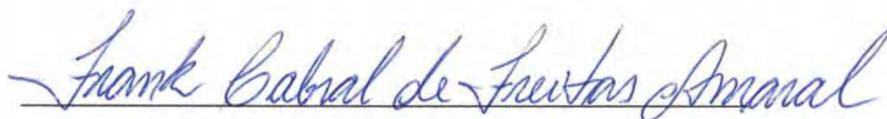
# **Análise comparativa entre processos para elaboração de Plano de Execução BIM, visando à aplicação na FAB**

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



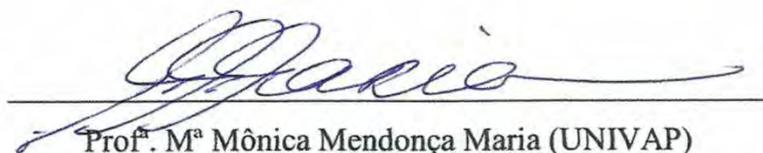
André Augusto de Vasconcelos Carvalho Asp. Of.

Autor



Frank Cabral de Freitas Amaral Ten. Cel. Eng. (ITA)

Orientador



Prof.<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Mônica Mendonça Maria (UNIVAP)

Coorientadora



Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto

Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 30 de novembro de 2018

Dedico a minha família, que sempre me apoiou na luta por objetivos que pareciam impossíveis.

Dedico ao ITA e ao H8, que me possibilitaram conhecer pessoas incríveis e viver situações memoráveis.

## **Agradecimentos**

A meu orientador, Tenente Coronel Frank Amaral, que, apesar de todas as dificuldades, não mediu esforços para me apoiar e instruir.

A minha coorientadora, Professora Mestre Mônica Maria, que sempre me motivou a entrar nesse universo BIM.

Ao amigo Guilherme Basso, que me acompanhou e me apoiou noites inteiras e seguidas na elaboração deste trabalho.

Aos amigos Thales Cavalcante, Rebeca Lopes e Tércio Perotti que, como Atlas, me carregaram nas costas durante metade do curso.

## Resumo

Este trabalho assume a missão final de auxiliar a Força Aérea Brasileira no ambicioso plano de disseminar a tecnologia BIM (Building Information Modeling) em seus sistemas de engenharia, a nível nacional. Esse plano germinou da necessidade de melhorar a eficácia e a eficiência da construção civil que, apesar de representar uma larga parcela do orçamento da instituição, ainda trabalha com tecnologias muito ultrapassadas e insatisfatórias.

O BIM, que está sendo uma grande revolução para a construção civil, surge como uma resposta a essas demandas e, além de possibilitar uma melhora considerável da eficiência e eficácia, funciona também como um catalisador para a adoção de novas tecnologias. Catalisador

Por ser uma tecnologia inovadora, e que implica numa profunda alteração das práticas de projeto, o BIM ainda sofre uma grande resistência na sua adoção, e o desenvolvimento de processos para a elaboração do PEB (Plano de Execução BIM) é um grande passo no sentido de reduzir a resistência na adoção.

Por isso, este trabalho se propõe a buscar, selecionar, analisar e comparar os melhores processos disponíveis para o desenvolvimento de um PEB para a FAB.

## **Abstract**

This work assumes the final mission of assisting the Brazilian Air Force in its ambitious plan to disseminate BIM (Building Information Modeling) technology in its engineering systems at a national level. This plan has sprung from the need to improve the efficiency and the effectiveness of civil construction which, despite representing a large part of the institution budget, still works with very outdated and unsatisfactory technologies.

BIM, which is a major construction revolution, emerges as a response to these demands and, in addition to enabling a considerable improvement in efficiency and effectiveness, also functions as a catalyst for the adoption of new technologies.

As an innovative technology, which implies a profound change in design practices, BIM still suffers a great deal of resistance in its adoption, and the development of tools for the preparation of BIM PxP (Project Execution Plan) is a major step towards to reduce resistance in adoption.

Therefore, this work proposes to search, select, analyze and compare the best processes available for the development of a PxP for Brazilian Air Force.

## Lista de Figuras

Figura 1 – Mapa geral de interações e informações permutadas [15]. .....	34
Figura 2 – Tabela de informações permutadas [15]. .....	35
Figura 3 – Fluxograma da Incepção, início do Plano de Execução BIM [18]. .....	38
Figura 4 – Mapa detalhado de processo Level 2 [15]. .....	45
Figura 5 – Exemplo de descrição de família anotativa [14]. .....	49
Figura 6 – Descrição visual de ferramenta e showroom [14]. .....	52
Figura 7 – Lógica de nomenclatura de família e de tipo [14]. .....	53
Figura 8 – Guia para o posicionamento vertical do abrigo [14]. .....	53
Figura 9 – Guia para a seleção de material para pintura [14]. .....	54
Figura 10 – Guia para a inserção de nota-chave [14]. .....	54
Figura 11 – Tabela descritiva de Nota-chave [14]. .....	54
Figura 12 – Representação do checklist do processo de inserção de abrigo [14]. .....	55
Figura 13 – Diagrama de relação entre processos. ....	63

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 - Características do BIM [9]. .....	20
Tabela 2 – Conceitos de LOD.....	25
Tabela 3 – Principais Objetivos BIM [15].....	43
Tabela 4 – Representação simplificada da comparação realizada. ....	62

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CO-DCTA	Comissão de Obras do DCTA
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
LOD	Level of Development
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
ND	Nível de Desenvolvimento
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PEB	Plano de Execução BIM
TCU	Tribunal de Contas da União

## Sumário

1	Contextualização .....	15
2	Revisão Bibliográfica .....	18
2.1	Introdução Histórica.....	18
2.2	O Modelo BIM.....	19
2.3	Complexidade do modelo BIM.....	23
2.3.1	Dimensões do BIM .....	23
2.3.2	Nível de Detalhamento dos Elementos (LOD) .....	24
2.4	O que é o PEB.....	26
3	Metodologia .....	27
3.1	Primeiro contato.....	27
3.2	Busca.....	27
3.3	Análise Comparativa.....	28
4	Processos .....	30
4.1	Penn State BIM Project Execution Planning Guide .....	30
4.2	Guia de Contratação e Elaboração de Projetos BIM da ABDI.....	30
4.3	USAF Building Information Modeling Project Execution Plan (PxP).....	31
4.4	Catálogos BIM da FDE.....	31
5	Análise comparativa.....	33
5.1	Análise do Método Penn State.....	33
5.1.1	Escopo da Implementação BIM – Potenciais e Objetivos .....	33
5.1.2	Descrição do Processo de Execução BIM .....	34
5.1.3	Intercâmbio de Informações .....	35
5.1.4	Infraestrutura Requerida para a Implementação BIM .....	35

5.1.5	Conteúdo do PEB.....	36
5.2	Análise do Guia de Contratação e Elaboração de Projetos BIM da ABDI.....	37
5.2.1	Objetivos .....	37
5.2.2	Conteúdo .....	38
5.3	U.S. Air Force PxB.....	42
5.3.1	Instruções e informações de referência.....	42
5.3.2	Informações do projeto .....	42
5.3.3	Principais Contatos .....	43
5.3.4	Metas do projeto / objetivos do BIM .....	43
5.3.5	Funções organizacionais .....	44
5.3.6	Projeto de processo BIM.....	45
5.3.7	Troca de informações BIM .....	46
5.3.8	Procedimentos de colaboração.....	46
5.3.9	Controle de qualidade .....	46
5.3.10	Infraestrutura tecnológica necessária.....	46
5.3.11	Padronizações .....	47
5.3.12	Entregáveis de projeto.....	47
5.4	Catálogos BIM da FDE.....	47
5.4.1	Templates .....	48
5.4.2	Manual do Template .....	48
5.4.3	Famílias.....	50
5.4.4	Manuais das famílias.....	52
5.5	Comparação .....	55
5.5.1	Informações Gerais do PEB.....	56
5.5.2	Informações do Projeto .....	56
5.5.3	Principais Contatos .....	56

5.5.4	Objetivos BIM .....	57
5.5.5	Papéis organizacionais .....	57
5.5.6	Descrição de processo BIM .....	58
5.5.7	Permutas de Informação .....	58
5.5.8	Requisitos de dados do BIM e do empreendimento .....	59
5.5.9	Procedimentos colaborativos .....	59
5.5.10	Procedimentos de controle de qualidade dos modelos .....	59
5.5.11	Infraestrutura tecnológica necessária .....	60
5.5.12	Estrutura do modelo .....	60
5.5.13	Entregáveis .....	60
5.5.14	Contrato .....	61
5.6	Resultados .....	61
5.7	Aplicação na FAB .....	64
6	Conclusão .....	65
7	Referência Bibliográfica .....	66

# 1 Contextualização

Como apontado pelo Comando da Aeronáutica no Plano Força Aérea 100 [1], as transformações da atualidade têm impellido as instituições à racionalização de suas atividades, simplificação dos processos e busca da eficácia e eficiência. Nesse contexto, a ideia de racionalização do uso dos recursos dentro da engenharia civil ganha ainda mais destaque a partir das auditorias realizadas pelo Tribunal de Contas da União (TCU) sobre as obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). O PAC é um programa lançado no ano de 2007 pelo Governo Federal buscando retomar o planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura no Brasil, tendo executado até 2016 um orçamento de aproximadamente R\$ 1,9 trilhão [2].

Apesar do orçamento de trilhões de reais destinado ao PAC, o Relatório de Atividades do TCU de 2014 [3], que compilou 102 auditorias realizadas sobre obras do Programa, apontou que foram encontradas irregularidades graves em 56,9% das obras, enquanto apenas 4,9% das obras estavam inteiramente regulares. Das irregularidades encontradas, 41,2% se apresentavam na execução, 34,3% no projeto e 20,6% na fiscalização.

Em coerência com esse cenário, e com a ideia de promover eficiência e eficácia no uso dos recursos escassos da União, a Aeronáutica tem disparado uma série de ações no sentido de modernizar os seus métodos e ferramentas. No Sistema de Engenharia, uma das principais atividades que apontam nesse sentido é a busca pela disseminação do BIM.

O BIM (Building Information Modeling) é uma metodologia de projeto, com foco na construção civil, que usa de diversas ferramentas computacionais integradas e visa criar um modelo virtual preciso do empreendimento e automatizar o uso das informações desse modelo. Essa nova forma de trabalhar viabiliza uma série de efeitos positivos para o setor da construção, permeando todas as etapas da vida de um empreendimento: planejamento, projeto, construção, operação e fiscalização.

Durante as fases de planejamento e projeto, a metodologia BIM corrobora, se comparada às metodologias mais arcaicas, com o aumento da qualidade e da agilidade dos resultados entregues. Isto acontece porque os processos que compõem o método lubrificam a integração entre as disciplinas, facilitam a criação dos modelos ao utilizar bancos de dados, e

geram a documentação necessária com pouca intervenção do operador – isto, além de aumentar a agilidade, reduz a força de trabalho e anula o erro humano.

De fato, um dos fatores determinantes na escolha do tema deste trabalho foi a experiência adquirida pelo autor no Curso de Coordenação e Compatibilização de Projetos, ministrado pela arquiteta Paula Vianna em parceria com a Comissão de Obras do DCTA (CO-DCTA). Nesse curso foi possível avaliar, na prática, as vantagens da utilização das tecnologias BIM em detrimento das tecnologias tradicionais de projeto. Enquanto o processo de coordenação e compatibilização pelos métodos tradicionais exige extenso trabalho humano e ainda é passível de falhas, pela metodologia BIM esses processos são agilizados e aperfeiçoados pelos algoritmos de integração das disciplinas e pelos algoritmos de detecção de incompatibilidade, guardando para o projetista o trabalho criativo e as tomadas de decisão.

Já os benefícios observados na construção e fiscalização são quase que consequência da melhor qualidade praticada nos projetos e na documentação. Por certo, uma compatibilização perfeita anula conflitos na obra; um desenho técnico completo e bem detalhado minimiza a possibilidade de erro construtivo e certifica a atuação do fiscal; uma planilha orçamentária precisa corrobora para a racionalização do uso dos recursos e cumprimento dos prazos.

Apesar dos inúmeros benefícios que podem ser esperados pela aplicação do método BIM, a adesão da ferramenta nos setores construtivos do Brasil ainda deixa a desejar, e a adesão nas obras públicas é ainda menor. Isso acontece porque a transição no paradigma de projeto para o BIM tem uma energia de ativação elevada. Além dos custos monetários, que incluem software, hardware e formação profissional, o processo de implementação pode demorar mais de um ano, exigir alterações profundas no funcionamento das equipes de projeto e ainda sofrer com a ausência de normas e padronizações.

Caminhando no sentido de superar essas barreiras de entrada, um primeiro passo é o desenvolvimento de um template de Plano de Execução BIM (PEB). O objetivo do PEB é fornecer uma base comum para que os stakeholders possam usar como referência para a implantação de práticas e processos do BIM. O Plano de Execução BIM é um documento que é exclusivo de cada empreitada e detalha os requisitos, resultados e responsáveis estipulados para o projeto, além de estruturar e padronizar o uso dos recursos BIM.

O autor acredita, ainda, que a formalização do PEB é um agente catalisador para a efetiva implementação do BIM na Aeronáutica, e que esta trará diversos benefícios para a Organização e para a sociedade. Por isso, solidário ao objetivo de racionalizar o uso dos

recursos da União, e convencido da viabilidade de aumento da eficácia e da eficiência implicadas pelo uso do BIM, o autor propõe este trabalho que tem como objetivo realizar uma análise dos processos conhecidos para o desenvolvimentos de PEB, para que este seja utilizado como referência no desenvolvimento dos Planos de Execução BIM da FAB.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Introdução Histórica

A base teórica do BIM pode ser rastreada por volta da década de 60. Durante a guerra fria a disputa de poder entre Estados Unidos e a União Soviética era um fator que movia todos os mercados de relevância na manutenção da hegemonia política, econômica e militar. Como a construção civil está fortemente relacionada às três, havia uma grande pressão para o avanço do setor. Uma das frentes para alavancar esse avanço era aumentar a produtividade utilizando-se da intervenção do computador, e as duas potências já demonstravam interesse em romper com o conceito de CAD bidimensional.

Em 1962 já era possível observar as primeiras diretrizes do BIM sendo traçadas por Douglas C. Engelbart, em *Augmenting Human Intellect* [4], que previa a possibilidade da construção de um modelo que utilizasse objetos parametrizados e conectados a um banco de dados. Paralelamente a isso, havia uma grande massa intelectual focada em criar programas de computador para a modelagem de sólidos. O primeiro resultado expressivo nessa frente de trabalho apareceu em 1963, que foi o programa *Sketchpad*. Já na década de 70 surgiu o primeiro software que se baseava num banco de dados para a construção do modelo, o *Building Description System*.

Em 1975 foi publicado pelo norte-americano C. Eastman, no jornal *American Institute of Architect*, o protótipo de trabalho do *Building Description System* [5]. Este, que pode ser o documento mais antigo a tratar do conceito BIM, descreve a metodologia como:

(...) definir elementos interativamente (...) obtendo secções, planos, isometrias ou perspectivas da mesma definição de elementos (...). Qualquer alteração na configuração seria feita apenas uma vez para todos os futuros desenhos. Todos os desenhos provenientes de uma mesma disposição de componentes seriam automaticamente consistentes (...) qualquer análise quantitativa poderia ser ligada diretamente ao relatório (...) estimativas de custo ou quantitativos de material poderiam ser facilmente gerados (...) fornecendo banco de dados unificado e integrado para análises visuais ou quantitativas (...) verificação automatizada de código de edificações na prefeitura ou no escritório de arquitetura. Empreiteiros de grandes projetos podem encontrar vantagens nessa representação para programação e pedidos de materiais. (Adaptado de [5])

A partir do ano de 1986, começou a haver uma popularização do conceito BIM, que foi alavancada pelo artigo Building Modeling [6], de Aish, R. A partir desse artigo o termo passou a ser utilizado no meio acadêmico e por empresa da área de softwares para definirem diferentes e vários conceitos.

Muito foi desenvolvido sobre o tema ao longo das últimas décadas. O BIM ganhou destaque no cenário da construção civil em todo o mundo, mas ainda existe muito espaço para a aplicação da metodologia. Esse espaço para o crescimento da tecnologia BIM é especialmente relevante se analisarmos o contexto nacional.

## 2.2 O Modelo BIM

Eastman define Building Information Modeling (BIM) da seguinte forma:

Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção. O BIM também incorpora muita das funções para modelar o ciclo de vida de uma edificação, proporcionando a base para novas capacidades da construção e modificações nos papéis e relacionamentos da equipe envolvida no empreendimento. (Adaptado de [5]).

Essa definição é semelhante à dada por Kymmell [7], que define BIM como uma simulação de projeto, consistindo de um modelo 3D e suas partes, relacionando todas as informações necessárias relacionadas ao planejamento, construção ou operação do projeto.

Underwood e Isikdag [8] também convergem com os autores supracitados sobre a definição do BIM, como modelo de informações de um edifício que abrange informações completas e suficientes para apoiar todos os processos ciclo de vida do empreendimento, e que podem ser interpretados diretamente por aplicações computacionais. Isso inclui informações sobre o próprio edifício, bem como seus componentes e compreende as informações sobre propriedades tais como funções, geometrias, materiais e processos para o ciclo de vida da construção.

Percebe-se que características como modelo virtual e informações, como suporte a todo o ciclo de vida do projeto, são comuns às três definições apresentadas. Além dessas, existem

outros atributos que são relevantes no entendimento da tecnologia BIM, como os listadas por Çetiner [9] e representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Características do BIM [9].

<p><b>Composto por objetos digitais</b></p>	<p><b>(...) contém propriedades que representam os elementos da construção física. A criação do modelo condiz com a montagem de cada peça que compõe a construção do edifício, tornando-se uma representação virtual da construção real do projeto. Isto obriga os projetistas a pensarem no processo de construção, criando uma relação forte entre o projeto e a construção que o processo convencional. Com isso, os projetistas podem antecipar e resolver conflitos espaciais e outros problemas de construção antes da execução da obra.</b></p>
<p><b>Armazena as informações de projeto em banco de dados</b></p>	<p>Os dados do edifício são convertidos num formato exigido pelo usuário, tais como gráficos, tabelas, planilhas, texto e podem ser convertidos para formatos empregados por outros softwares.</p>
<p><b>Centralização de informações</b></p>	<p>As informações coletadas durante qualquer fase do projeto são armazenadas para uso em fases posteriores. O modelo pode incluir informações geradas por arquitetos, engenheiros e outros consultores, fabricantes, empreiteiros, prestadores de serviços, proprietários e outros. Participantes podem ver o trabalho uns dos outros e solucionar incompatibilidades durante a fase de projeto.</p>
<p><b>Parametrização dos objetos</b></p>	<p>Isso permite que um número relativamente pequeno de objetos possa definir um número ilimitado de elementos de construção. A composição de objetos paramétricos permite que o projeto inteiro de BIM seja paramétrico. Regras complexas podem ser definidas em um projeto, relacionando parâmetros individuais.</p>

---

<b>Comunicação entre BIM e ferramentas de manufatura assistida por computador (CAM)</b>	Como cada peça do projeto em BIM possui uma representação virtual, torna-se possível o uso da tecnologia de manufatura assistida por computador (Computer-Aided Manufacturing – CAM). Projetistas podem assim controlar diretamente a fabricação de certos componentes, dando-lhes controle direto sobre alguns aspectos da construção.
---	---

---

Um ponto importante é diferenciar o BIM e o Computer-Aided Design (CAD). No segundo os dados são entidades gráficas, tais como linhas, arcos e círculos, contrastando com a inteligência contextual e semântica dos modelos BIM, onde os objetos são definidos em termos de elementos de construção e sistemas tais como paredes, vigas e pilares. Essa inteligência contextual e semântica, conhecida como objetos paramétricos, é a chave para a compreensão do BIM e sua diferenciação do CAD, sendo definida da seguinte maneira [10]:

- A geometria é integrada de maneira não redundante e não permite inconsistências. Quando um objeto é mostrado em 3D, a forma não pode ser representada internamente de maneira redundante, por exemplo, como múltiplas vistas 2D. Uma planta e uma elevação de dado objeto devem ser sempre consistentes. As dimensões não podem ser “falsas”;
- As regras paramétricas para os objetos modificam automaticamente as geometrias associadas quando inseridas em uma modelo de construção ou quando modificações são feitas em objetos associados. Por exemplo, uma porta se ajusta imediatamente a uma parede, um interruptor se localizará automaticamente próximo ao lado certo da porta, uma parede automaticamente se redimensionará para se juntar a um teto ou telhado, etc.;
- Os objetos podem ser definidos em diferentes níveis de agregação, então podemos definir uma parede, assim como seus respectivos componentes. Os objetos podem ser definidos e gerenciados em qualquer número de níveis hierárquicos. Por exemplo, se o peso de um subcomponente de uma parede muda, o peso de toda a parede também deve mudar;
- As regras dos objetos podem identificar quando determinada modificação viola a viabilidade do objeto no que diz respeito a tamanho, construtibilidade etc.; e

- Os objetos têm a habilidade de vincular-se a ou receber, divulgar ou exportar conjuntos de atributos, por exemplo, materiais estruturais, dados acústicos, dados de energia, etc. para outras aplicações e modelos. (Adaptado de [10]).

Além disso, é relevante reforçar que as funcionalidades do modelo BIM podem ser utilizadas com diversos propósitos no escopo da engenharia civil como, por exemplo, os citados por Azhar [11]:

- Visualização: a renderização 3D do modelo é facilmente gerada com pouco esforço adicional;
- Desenhos para fabricação: é fácil gerar desenhos para vários sistemas do edifício. Por exemplo, os desenhos das canaletas metálicas podem ser rapidamente produzidos quando o modelo estiver concluído;
- Análise de requisitos legais do empreendimento: departamento de bombeiros e prefeituras podem usar esses modelos para sua análise dos projetos de construção em conformidade com os requisitos legais;
- Estimativa de custos: softwares BIM possuem funções para estimativa do custo dos recursos. Quantidades de material são automaticamente extraídas e atualizadas quando alterações são feitas no modelo;
- Sequenciamento da construção: um modelo BIM pode ser efetivamente usado para coordenar cronogramas de encomenda, fabricação e entrega de material para todos os componentes do edifício;
- Detecção de interferência e conflito: como os modelos BIM são criados no espaço 3D, todos os principais sistemas podem ser verificados imediatamente e automaticamente quanto às interferências. Por exemplo, o processo pode verificar se a tubulação não cruza com vigas ou pilares;
- Análises de simulações: um modelo BIM pode ser facilmente adaptado para simular virtualmente planos de evacuação, de eficiência energética e assim por diante; e
- Gestão e operação de empreendimentos: o BIM pode ser utilizado para as operações de planejamento de espaço, manutenção e reformas.

Essa lista de usos do modelo BIM, constitui o usual no mercado. Entretanto, por se tratar de uma tecnologia em desenvolvimento, novas possibilidades de uso estão surgindo, e modificando as atividades ligadas ao projeto, construção e operação das edificações.

## **2.3 Complexidade do modelo BIM**

Os projetos na metodologia BIM podem ser classificados de diversas formas quanto à sua complexidade. As classificações mais utilizadas nesses projetos são duas: a quantidade de dimensões contempladas (D) e o nível de detalhamento dos elementos (ND ou LOD).

### **2.3.1 Dimensões do BIM**

Uma das características do modelo BIM é a sua disponibilidade e a conexão de informações que se tornam parte do projeto, conhecidos como dimensões do modelo BIM. “Quanto mais dimensões tiver o modelo, maiores serão os tipos de informações possíveis de serem modeladas a partir deles, tornando as tomadas de decisão mais complexas e acertadas” [12].

A quantidade de dimensões disponíveis nos projetos BIM aumenta ano a ano, e hoje já são encontradas referências a projetos com 11 dimensões (11D), mas trataremos aqui sobre quatro delas.

O BIM 3D é um modelo computacional contendo as informações espaciais e informações dos elementos do projeto (pilares, vigas, lajes, paredes, portas, janelas, tubulações etc.). Dele será possível extrair informações sobre a compatibilização espacial do projeto, as especificações de materiais e acabamentos, quantitativo de materiais, geração de pranchas 2D automáticas e passeios virtuais [12].

Integrando as informações do cronograma das obras ao modelo BIM 3D tem-se o BIM 4D, que fornece uma capacidade interativa para visualizar, informar e ensaiar as sequências de construção possibilitando maior eficiência no processo construtivo [8].

Associando os dados de custo ao modelo BIM 4D tem-se o BIM 5D, que permite a emissão de relatórios dos custos subsequentes em qualquer ponto específico no tempo [8].

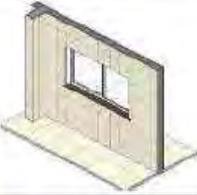
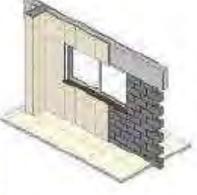
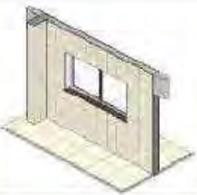
O modelo BIM 6D é quando se deseja obter informações sobre o uso da edificação. Esse recebe informações sobre a validade dos materiais, os ciclos de manutenção, o consumo de água e energia elétrica, entre outros. O modelo BIM 6D poderá ser usado para extrair informações de custos de operação e manutenção da edificação [12].

### **2.3.2 Nível de Detalhamento dos Elementos (LOD)**

O desenvolvimento do modelo BIM é progressivo e, de acordo com a evolução do detalhamento, o modelo acumula um maior volume de informações. Para regular e identificar o detalhamento, foi criado o indicador Level of Development (LOD), que no português também pode ser identificado como Nível de Desenvolvimento (ND).

O indicador LOD, que será utilizado aqui como proposto em [13], varia discretamente entre 100 e 500, sendo 100 o modelo com menor detalhamento e 500 o de maior detalhamento, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Conceitos de LOD

LOD	Conceito	Arquitetura	Estrutura
100	O Elemento do Modelo pode ser representado graficamente no Modelo com um símbolo ou outra representação genérica, mas não satisfaz os requisitos para LOD 200. Informações relacionadas ao Elemento do Modelo (isto é, custo por m <sup>2</sup> quadrado, tonelage de HVAC, etc.) podem ser derivadas de outros Elementos do Modelo		N.A.
200	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema genérico, objeto ou montagem com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento Modelo		
300	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento Modelo		
350	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, orientação e interfaces com outros sistemas de construção. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento do Modelo.		
400	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com detalhes, fabricação, montagem e informações de instalação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento do Modelo.		
500	O Elemento do Modelo é uma representação verificada em campo em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos Elementos do Modelo.		

Fonte: Adaptado de Processo de projeto BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC [18].

## 2.4 O que é o PEB

Para que a integração BIM na entrega do projeto seja efetiva, é importante que o time desenvolva um Plano de Execução BIM (PEB). O Plano desenha a visão geral juntamente com detalhes da implementação a serem seguidos pelo time durante todo o projeto. Este PEB deve ser desenvolvido no início do projeto, mas também deve ser continuamente atualizado, revisado e monitorado.

De acordo com a metodologia proposta [21], para realizar sua função, o Plano deve responder a quatro perguntas:

1. Qual o escopo da implementação BIM no projeto?
2. Qual o fluxo de processos para tarefas BIM?
3. Como e quais são as informações trocadas entre os times envolvidos?
4. Qual é a infraestrutura requerida para suportar a implementação do BIM?

Além disso, as respostas a essas perguntas devem ser suficientes para nivelar todos os times de projeto e demais stakeholders no seguinte cenário:

- Todos os times entendem e comunicam os objetivos estratégicos para a implementação BIM no projeto;
- As organizações compreendem seus papéis e responsabilidades na implementação;
- Os times são capazes de se organizar e desenvolver entre si fluxos de processos que se adequem às diferentes realidades e costumes de cada grupo;
- O Plano prevê recursos adicionais, treinamentos ou outras competências necessárias ao sucesso da implementação BIM para os usos predefinidos;
- O plano prevê um benchmark para descrever o processo a futuros participantes que se aglomerem ao projeto;
- A divisão de contratos é capaz positivar o cumprimento das obrigações de projeto de todos os envolvidos; e
- O plano prevê um método para medir o progresso das equipes durante o processo.

É, ainda, preciso ter em mente que, assim como qualquer outra implementação de nova tecnologia, o BIM implica num risco adicional ao processo. Mas tendo ciência disso, cabe aos times assumirem uma postura proativa na resolução de problemas e conflitos imprevistos e enxergarem nesses contratemplos a possibilidade de melhorias.

## 3 Metodologia

### 3.1 Primeiro contato

O primeiro contato formal do autor com as tecnologias BIM aconteceu no dia 22 de maio de 2018 em uma palestra ministrada pelo consultor BIM David Pinto. Nesta palestra a tecnologia BIM foi apresentada na prática, quando o consultor desenhou, na frente da plateia, uma edificação numa velocidade muito superior àquela que seria esperada com o CAD. Além disso, o consultor mostrou algumas funcionalidades, como o levantamento de quantitativos e informações sobre o ambiente.

Ainda nessa palestra, o consultor citou a relevância e os benefícios que uma organização com o tamanho da FAB teria ao desenvolver um BIM mandate próprio, e citou como exemplo positivo o Catálogo da FDE.

A partir daí fica clara a motivação que o autor teve para querer dar o próximo passo na adoção dessa tecnologia inovadora na FAB. Mas além disso, e como prova de que esta ideia não é pontual, muitas outras iniciativas estão surgindo dentro da FAB no sentido de alavancar a adoção desta tecnologia.

Duas das medidas mais recentes e relevantes no sentido de impulsionar a adoção do BIM nos sistemas de engenharia da Força Aérea Brasileira foram o Workshop BIM da CISCEA [19] e o Curso de REVIT® Básico, idealizado pela CO-DCTA e ministrado pelo consultor David Pinto.

### 3.2 Busca

A busca por materiais sobre BIM foi um grande desafio. Além da tecnologia ainda ser uma novidade no mercado brasileiro, o BIM é um assunto muito complexo e extenso. Provavelmente por isso existe uma divergência muito grande entre as literaturas sobre o BIM. Em português, a disponibilidade de material de boa qualidade é ainda menor.

O primeiro sucesso da busca foi descobrir que, na verdade, BIM mandate não é um termo utilizado pelos falantes da língua inglesa, por isso as buscas foram direcionadas a BIM Project Execution Plan (PxP), ou Plano de Execução BIM (PEB).

Apesar disso, percebeu-se uma sutil diferença entre o uso do termo BIM Mandate e PEB. Entendeu-se que o primeiro coordena as operações do BIM num nível operacional, isto é, determina as regras para operação das ferramentas, regras de modelagem e nomenclatura e métodos de colaboração. Já o segundo, engloba o primeiro e acumula a função de gerir a operação do BIM a um nível estratégico, isto é, além de realizar a função do BIM Mandate, define também objetivos, metas, datas, organograma das equipes de projeto e stakeholders e mais.

Com o objetivo de aprofundar-se sobre PEB, o primeiro resultado relevante foi o template para elaboração de PEB da Força Aérea norte americana [15]. Esse documento foi um grande motivador pois, além de ser um grande avanço nos resultados, reforçou a relevância do desenvolvimento de processos para a elaboração de PEB para a FAB.

Apesar de o template da USAF ter sido um bom motivador, ele é apenas um template, e não um guia para o desenvolvimento de um PEB, e ainda existiam muitas lacunas em aberto. Ao estudar mais sobre esse documento, descobriu-se que existe um guia para a elaboração de PEB gratuito e extensamente utilizado, que foi base, inclusive para o template da USAF.

O Guia desenvolvido pelo Departamento de Arquitetura e Engenharia da Penn State University é uma solução bastante completa e é largamente utilizado no mercado norte-americano.

Paralelamente a isso, procurando as soluções do mercado nacional, chegou-se novamente no Catálogo da FDE, peça chave para viabilizar a licitação e contratação de projetos em BIM.

Ainda nas soluções do mercado nacional, foi encontrada a Coletânea de Guias BIM da ABDI (Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial). A coletânea, que é composta por seis guias, aborda diversos temas relevantes para a implementação do BIM e com foco no mercado nacional. Isto inclui peculiaridades tecnológicas, contratuais, práticas de projeto, etc.

### **3.3 Análise Comparativa**

Na análise comparativa entre os processos disponíveis e selecionados, optou-se por fazer uma descrição rápida, item a item, de cada uma dos processos. Na sequência, como a ferramenta mais completa e reconhecida é o Guia da Penn State University, optou-se, como

método de validação, checar como cada um dos processos está de acordo com as propostas do método Penn State.

Além dessa confirmação, a comparação pode apontar pontos positivos e negativos em cada um dos processos e mostrar qual dos métodos, ou qual a combinação entre eles, é o mais eficaz para ser utilizado no desenvolvimento do PEB da FAB.

## 4 Processos

Como supracitado, dentre os processos encontrados durante a fase de busca, foram selecionados quatro. A seguir encontra-se uma breve descrição dos processos e de seus méritos.

### 4.1 Penn State BIM Project Execution Planning Guide

Penn State College of Engineering é uma universidade norte-americana sediada no estado da Pensilvânia, referência mundial no desenvolvimento e disseminação das tecnologias BIM. Um dos seus resultados de grande relevância no desenvolvimento desse ecossistema foi o desenvolvimento do BIM Project Execution Planning Guide [21] (Guia de Planejamento de Execução de Projeto BIM).

O método apresentado nesse guia, que será chamado aqui neste documento como Método Penn State, apresenta um apanhado de ferramentas para responder às quatro perguntas citadas no item 2.4. Esses processos serão discutidos e aplicadas no desenvolvimento deste trabalho.

### 4.2 Guia de Contratação e Elaboração de Projetos BIM da ABDI

A Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) é subordinada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) que tem como missão lançar ações estratégicas que corroborem para o desenvolvimento da indústria brasileira[16]. Em coerência com sua missão, foi desenvolvida a Coletânea dos Guias BIM ABDI-MDIC a fim de difundir e homogeneizar a contratação de empreendimentos com aplicações em BIM no País. A Coletânea é composta por seis guias [17]:

**Guia 1** – O processo de projeto BIM

**Guia 2** – Classificação da informação no BIM

**Guia 3** – BIM na quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção

**Guia 4** – Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia

**Guia 5** – Avaliação de desempenho energético em projetos BIM

**Guia 6** – A implantação de projetos BIM

O Guia 4 (Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia) é o que apresenta maior intersecção com o objetivo deste trabalho.

### **4.3 USAF Building Information Modeling Project Execution Plan (PxP)**

O modelo de PEB da USAF [15] é também de extrema importância para este trabalho pois, apesar de estar escrito em outro idioma e ter sido produzido para a utilização num meio com legislações muito diferentes da nossa, é um documento com foco na construção civil de suporte para uma força aérea.

Trata-se de um conjunto de documentos bastante completo e complexo, pois, além de lidar com as padronizações do projeto, que é o que faz o catálogo do FDE, lida também com a questão contratual e da gestão de informação entre as disciplinas de projeto. Por outro lado, muitos dos documentos estão dispersos pela internet e alguns deles não puderam ser acessados. Além disso, a realidade norte americana difere da realidade brasileira, tanto pela maturidade na adoção das tecnologias BIM quanto pela legislação vigente, e isso pode representar uma dificuldade para encontrar conceitos paralelos na realidade da Força Aérea Brasileira.

### **4.4 Catálogos BIM da FDE**

A Fundação para o desenvolvimento da Educação (FDE) é uma organização que, há mais de 30 anos, vem atuando junto ao Governo do Estado de São Paulo, buscando viabilizar a execução das políticas definidas pela Secretaria da Educação do Estado. Entre suas atribuições está a gerência das obras de engenharia civil, que incluem construção, reforma e manutenção das instalações.

O Catálogo BIM da FDE tem como foco o projeto de escolas e infraestrutura escolar para o Estado e fixa o uso da plataforma Autodesk REVIT® – versão 2015 ou superior. Essas características são refletidas nas três seções que serão utilizadas como guia para o trabalho, que são:

- a) Famílias BIM: As famílias são as bibliotecas de itens a serem utilizados nos projetos. Estas bibliotecas já apresentam as informações necessárias ao projetista e os itens já são configurados para se adequarem aos critérios de medição e quantificação da Fundação.
- b) Template BIM: Os templates são as bibliotecas que serão utilizadas na representação gráfica final do projeto. Versam sobre itens como padrões de linha, representações de eixos, cortes e elevações, cotas e todos os outros itens relevantes nas representações.
- c) Manuais BIM: Os manuais especificam como devem ser utilizados as famílias e os templates. Além disso entram no mérito de pontos mais superficiais do projeto, como ferramentas a serem utilizadas dentro do programa e nomenclatura dos itens.

Como pode ser observado, um Catálogo BIM é de fundamental importância na implementação de processos BIM, mas não pode ser confundido com um PEB. O Catálogo BIM é, na verdade, um dos itens vinculados a um bom PEB

## **5 Análise comparativa**

Nesta seção será realizada uma análise entre os métodos selecionados. Serão listadas algumas características, pontos positivos e pontos negativos de cada, que serão utilizadas como insumos para uma análise crítica da possibilidade do uso para o desenvolvimento do PEB de projetos da FAB.

### **5.1 Análise do Método Penn State**

O Método Penn State foi elaborado a partir de uma análise crítica e estruturada das práticas comuns e de sucesso entre as organizações pioneiras na adoção do BIM.

Além do seu criterioso método de desenvolvimento, outros indícios que atestam sua efetividade é sua larga utilização no mercado norte-americano e seu contínuo processo de evolução.

Entre as organizações usuárias do Método Penn State, vale citar as Forças Armadas dos Estados Unidos, que adotam à risca os procedimentos propostos.

Por causa do seu reconhecimento no mercado BIM, este Método será utilizado como benchmarking, para efeito de comparação com os demais métodos.

#### **5.1.1 Escopo da Implementação BIM – Potenciais e Objetivos**

A primeira pergunta a ser respondida pelo PEB é qual o escopo da implementação BIM. Para isso, é relevante que os times tenham conhecimento dos potenciais do uso BIM e, com isso, definam os objetivos gerais da implementação BIM no projeto em questão. Estes objetivos podem ser baseados na performance de projeto e incluir itens como: reduzir a duração do cronograma, atingir uma maior produtividade de campo ou aumentar a qualidade do produto final. Os objetivos podem, ainda, serem relacionados à expansão da capacidade de projeto do time. Uma vez definidos os objetivos da implementação BIM, tanto da perspectiva do projeto, quando da companhia, os usos específicos do BIM podem ser identificados.

O Guia da Penn State [21] identificou, a partir de um extenso processo de pesquisa e entrevistas com especialistas pioneiros na adoção BIM, vinte e um usos do BIM que podem ser

utilizados como fundação nesta primeira etapa, mas que podem e devem ser alterados à preferência da equipe com foco num projeto específico. Um uso do BIM é uma tarefa ou procedimento bem definido do projeto que pode ser beneficiado pela adoção do BIM.

Uma descrição mais detalhada dos usos do BIM pode ser encontrada no próprio Guia.

### 5.1.2 Descrição do Processo de Execução BIM

A partir da definição do escopo da implementação BIM, faz-se possível a busca pela resposta da segunda pergunta, que pode ser reescrita como: Qual é o fluxo de processos que melhor se adapta à estrutura da equipe e corrobora com a conquista dos objetivos do BIM no projeto?

O método para responder essa pergunta começa com o desenho de um mapa geral que mostre a sequência e interações entre os usos do BIM, como o da Figura 1. Isto permite que cada membro entenda claramente como o próprio trabalho interfere e é interferido pelo trabalho dos outros membros.

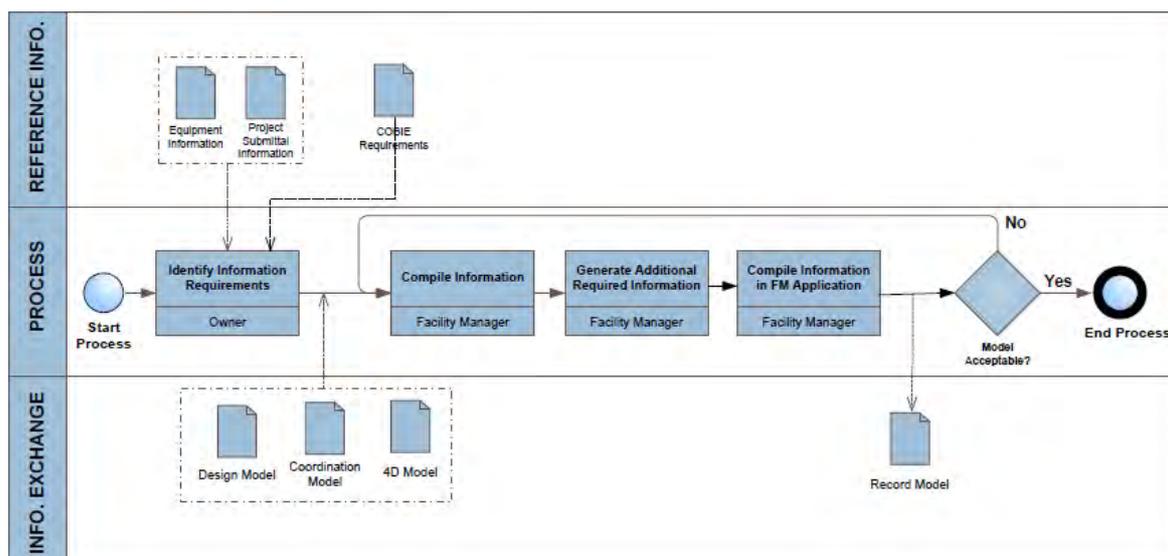


Figura 1 – Mapa geral de interações e informações permutadas [15].

Após o desenvolvimento desse mapa geral, o membro responsável por cada uso do BIM deve criar um mapa detalhado para o seu próprio projeto. Por exemplo, o mapa geral mostra

como o modelamento energético, o orçamento e o cronograma são relacionados. Já o mapa detalhado mostra o processo dentro de cada time.

### 5.1.3 Intercâmbio de Informações

Uma vez definido o mapa de processos, as trocas de informações entre os participantes devem ser claramente identificadas. É importante que os membros, em particular o autor e o requerente, entendam claramente o conteúdo da informação permutada. Cada troca de informação deve ser registrada numa Tabela de Informações Permutadas, como a mostrada na Figura 2.

Information		Disciplines (OmniClass e Table 33)	
A	Accurate Size & Location, include materials and object parameters	11	Planning
B	General Size & Location, include parameter data	21	Design
C	Schematic Size & Location	25	Project Management
		31	Surveying
		41	Construction
		55	Facility Use Disciplines
		81	Support Disciplines
		99	Other Disciplines

BIM Use Title		Programming			Design Authoring		
Project Stage		Planning			Design		
Time of Exchange (SD, DD, CD, Construction)							
Responsible Party (Information Receiver)							
Receiver File Format							
Application & Version							
Model Element Breakdown		Info	Resp Party	Notes	Info	Resp Party	Notes
01	<b>SUBSTRUCTURE</b>						
01	10 <b>Foundations</b>						
01	10 10 Standard Foundations						
01	10 20 Special Foundations						
01	20 <b>Subgrade Enclosures</b>						
01	10 Walls for Subgrade Enclosures						

Figura 2 – Tabela de informações permutadas [15].

### 5.1.4 Infraestrutura Requerida para a Implementação BIM

Por último, e com todo o processo já desenhado, é imprescindível prever e preparar a infraestrutura necessária para a execução do processo planejado. Aqui são definidas a estrutura de entregas e linguagem de contrato, procedimentos de comunicação, infraestrutura tecnológica e procedimentos de controle de qualidade.

### 5.1.5 Conteúdo do PEB

Por fim, e antecipando algumas das conclusões, segue uma lista de itens que o Guia da Penn State identificou como imperativos num PEB efetivo.

1. Informações Gerais do PEB: Apresentação e motivação do PEB.
2. Informações do Projeto: O Plano deve conter informações gerais do projeto como, identificação, descrição, locação, data de entrega.
3. Principais Contatos: A fim de agilizar as trocas de informação, deve ser apresentada uma lista com os contatos de cada disciplina de projeto.
4. Objetivos BIM: Aqui deve ser documentado o valor estratégico e os usos do BIM para o projeto, como definido no planejamento inicial.
5. Papéis organizacionais: Uma das principais tarefas é definir o Coordenador BIM. Isso é particularmente importante para identificar a organização que iniciará o desenvolvimento do PEB, assim como a equipe necessária para implementar o Plano.
6. Descrição de processo BIM: Aqui deve figurar o processo de execução BIM, que são ilustrados pelos mapas de interações.
7. Permutas de Informação: essa seção deve definir detalhadamente as informações necessárias para a execução de cada Uso BIM.
8. Requisitos de dados do BIM e do empreendimento: Os requisitos do contratante para o BIM devem ser documentados e entendidos.
9. Procedimentos colaborativos: O time deve estruturar o trabalho colaborativo. Isso inclui a política de gerenciamento dos modelos, e também agendamento de reuniões.
10. Procedimentos de controle de qualidade dos modelos: Um procedimento para monitorar e garantir que o projeto de cada uma das partes esteja de acordo com a qualidade requerida.
11. Infraestrutura tecnológica necessária: A infraestrutura de hardware, software e rede necessária para a execução do plano deve ser indicada.
12. Estrutura do modelo: Aqui deve ser encontrada a estrutura da modelagem, nomenclatura de arquivos, sistema de eixos coordenados e padrões de modelagem.
13. Entregáveis: Documentação dos entregáveis requeridos pelo contratante.
14. Contrato: Essa seção deve definir a estratégia de entrega utilizada na empreitada. A estratégia de entrega (projeto-construção ou projeto-licitação-construção) impactará a

implementação e a linguagem incorporada nos contratos para garantir o sucesso da implementação BIM.

## **5.2 Análise do Guia de Contratação e Elaboração de Projetos BIM da ABDI**

Este guia apresenta diretrizes para a contratação de empreendimentos em BIM. Sugere que a materialização do PEB deve se dar na forma de dois documentos. O PEB, em si, que neste caso é proposto na forma de um documento em Microsoft. O segundo documento é o Fluxograma Geral do Processo de Projeto.

### **5.2.1 Objetivos**

O Guia aponta que o PEB é uma demanda recente e descentralizada, por isso, esta ferramenta ainda varia bastante entre os players do mercado. Por outro lado, aponta que existem dois objetivos que são comuns a todos os PEB:

- Organizar os processos BIM ao longo do empreendimento; e
- Definir as responsabilidades, os entregáveis, o modelo de implementação e comunicação entre todos os participantes do empreendimento, e em todas as fases do seu ciclo de vida.

Além disso, é reforçado que o PEB deve ser entendido como um “termo de concordância” entre os participantes do empreendimento e deve passar por ajustes ao longo do desenvolvimento dos serviços. Esses ajustes podem ser motivados, por exemplo, pela entrada de novos participantes ou adição de novas necessidades, para que não existam lacunas que causem falha na concordância.

São apontadas, ainda, seis responsabilidades que cada equipe deve assumir para a implementação de sucesso do BIM no empreendimento, o que reforça uma forte influência do Método Penn State:

- Compreender e comunicar os objetivos da implementação BIM no projeto;
- Entender seus papéis e responsabilidades específicas na implementação;
- Propor um Plano de Execução BIM adequado às práticas de negócios de cada membro e propor fluxos de trabalho coerentes;

- Prever recursos adicionais (aplicativos, tecnologia de comunicação etc.), treinamento e demandas específicas para obter sucesso no uso do BIM como tecnologia;
- Fornecer referências para descrever o processo aos futuros participantes que aderirem ao projeto; e
- Estabelecer metas para as diferentes equipes.

É proposto no Guia um fluxograma para o desenvolvimento inicial do PEB, que é exposto na Figura 3.

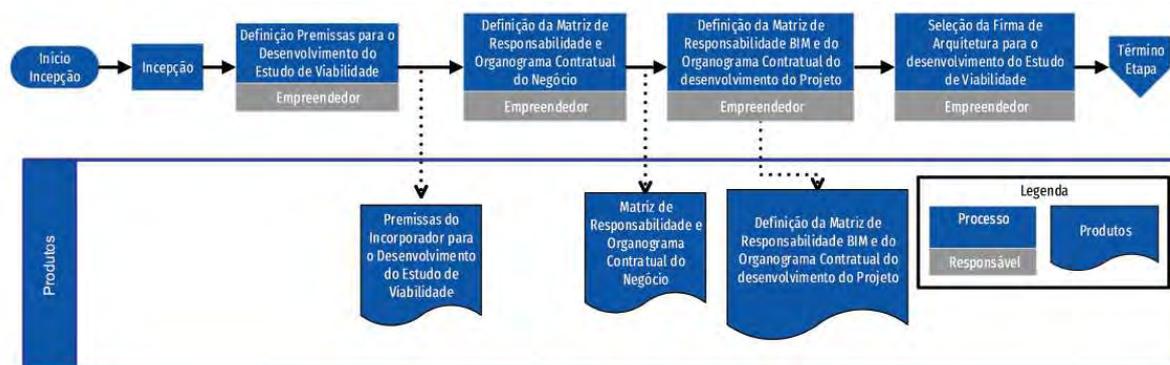


Figura 3 – Fluxograma da Incepção, início do Plano de Execução BIM [18].

## 5.2.2 Conteúdo

O Guia aponta sete itens chaves que devem ser contidos no PEB e faz uma descrição sobre cada um deles.

### 5.2.2.1 Memorial descritivo

O memorial descritivo deve conter informações básicas, mas essenciais ao desenvolvimento do projeto. Na planilha proposta pelo Guia estas informações são agrupadas em quatro grandes grupos:

- Caracterização do empreendimento, como nome e localização do empreendimento;
- Contratante;
- Resumo descritivo, como Classe de Uso (ABNT NBR 15965) e Porte; e
- Objetivos gerais para o empreendimento, como certificações, orçamento e prazos.

### **5.2.2.2 Lista de participantes do projeto**

A lista de participantes do projeto é um item que deve ser preenchido logo no início do desenvolvimento do PEB, uma vez que cada um deve estar ciente e de acordo com as regras e responsabilidades a serem atendidas.

O modelo de PEB proposto apresenta uma lista sugerida das partes envolvidas no projeto, mas que pode e deve ser modificada para se adequar ao projeto a ser desenvolvido.

### **5.2.2.3 Estrutura Organizacional**

Para que cada participante saiba se posicionar, ou localizar outro participante, dentro do empreendimento, é de extrema importância o desenvolvimento de um organograma que defina a organização hierárquica.

São propostos dois modelos de organização hierárquica. Um para projetos de grande porte e outro para projetos tradicionais de edificações, mas estes também podem e devem ser alterados para se adaptar às equipes do projeto em questão.

### **5.2.2.4 Definição das funções no projeto**

Nessa etapa devem ser definidas as funções de projeto e fixados os responsáveis por cada uma das funções, em cada uma das etapas de desenvolvimento previstas (Viabilidade, Estudo preliminar, etc.).

O modelo de PEB proposto pelo guia também propõe uma lista das funções típicas de projetos, mas novamente esta lista não deve ser entendida como mandatória, podendo ser alterada para atender às particularidades do projeto.

Além disso, os responsáveis indicados para as funções devem estar presentes na Lista de Participantes, e todos os presentes na Lista de Participantes devem ser assinalados com funções.

### **5.2.2.5 Definições de instrumentos e procedimentos de colaboração**

Nesta etapa são fixados parâmetros operacionais para viabilizar a comunicação e colaboração entre as equipes de projeto.

São definidos diversos tipos de padronização, mas vale o destaque:

- Formatos de arquivos BIM;
- Origem e georreferência;
- Sistema de nomenclaturas;

- Responsáveis pelo sistema colaborativo e pelo armazenamento de arquivos;
- Unidades de projeto;
- Organização geral do modelo; e
- Controle de qualidade.

#### **5.2.2.6 Matriz de responsabilidades no desenvolvimento dos elementos projetuais**

Aqui, cada um dos Elementos de Projeto (NBR 15965:2015), em cada uma das etapas de desenvolvimento, deve ser atribuído a um responsável e ter um Nível de Desenvolvimento (ND) fixado.

Vale ressaltar que é possível que um mesmo elemento seja desenvolvido por dois responsáveis em etapas diferentes do projeto. Por exemplo, é possível que “pontos de iluminação” seja desenvolvido pelo arquiteto no estudo preliminar e pelo consultor de luminotécnica nas fases que seguem.

#### **5.2.2.7 Matriz de definição de requisitos dos espaços**

Nessa aba da planilha, utilizando o padrão de classificação de espaços da ABNT NBR 15965, são definidos os espaços e os requisitos para os mesmos.

Espaços são um tipo de componente BIM que delimitam uma área. Os limites destes espaços podem ser físicos, como uma parede, ou virtuais decorrentes de um conceito, como o limite de uma propriedade ou uma linha de desenho. Ainda, podem ser compartimentos fechados, como um quarto, abertos, como um jardim, uma classe de área, como “setor de serviço”, ou uma área associada a um conjunto de requisitos de desempenho, como uma zona de requisito térmico.

Para cada espaço podem existir requisitos mínimos de ventilação, temperatura, dimensões etc. Esses requisitos podem ser definidos a partir de uma função desejada para a edificação, ou durante o projeto.

Gerenciamento de espaços é uma ferramenta inovadora, complexa e ainda em fase de consolidação, mas de grande relevância e em franca expansão na sua adoção. Tem grande relevância em estudos de conforto e eficiência energética, por exemplo.

### **5.2.2.8 Matriz para definição de responsabilidade pelos requisitos dos espaços**

Aqui são definidos os responsáveis por cada um dos requisitos listados na Matriz de definição de requisitos dos espaços em cada uma das etapas do ciclo de vida do empreendimento.

Mais uma vez, como uma boa prática de gestão, cada requisito deve possuir um responsável.

### **5.2.2.9 Planilhas multidisciplinares de serviços**

Nessa seção são definidos para cada processo, de cada etapa do ciclo de vida do empreendimento, um responsável, a descrição de processos, os produtos entregáveis ao final do processo e a relação desse processo com cada um dos usos do BIM pré-selecionados.

Mais uma vez, a pré-seleção dos usos do BIM é uma sugestão, e pode ser alterada para se adequar ao projeto em questão. É importante ainda reforçar que a seleção dos usos do BIM é uma tarefa que apresenta grande relevância e dificuldade, exigindo grande responsabilidade na elaboração do PEB.

Os usos do BIM são assuntos amplamente discutidos e documentados na literatura, mas ainda apresentam grandes disparidades entre os autores de relevância. A fim de adaptar os usos do BIM para a atual realidade nacional, foi criado o Grupo de Trabalho de Componentes BIM da CEE-134, que teve como um dos resultados divulgados uma lista restrita contendo dezessete usos do BIM que devem ser tidos como foco no desenvolvimento do PEB. São eles:

1. Planejamento 4D
2. Análise Energética
3. Extração de Quantidades para Orçamento Executivo
4. Concepção de Sistemas Prediais Hidráulicos
5. Concepção de Sistemas Prediais Elétricos
6. Concepção de Sistemas AVAC/R
7. Concepção de Estruturas Metálicas
8. Concepção Arquitetônica
9. Análise de Sustentabilidade
10. Concepção de Luminotécnica
11. Concepção de Estruturas de Concreto
12. Geração de documentação

13. Detecção de interferências
14. Visualização
15. As-Built
16. Gerenciamento de Facilities
17. Comissionamento

### **5.3 U.S. Air Force PxP**

Esse material é de grande relevância para este estudo, pois é uma ferramenta já testada pelas Forças Armadas norte-americanas e já é utilizada, inclusive, como referência para o desenvolvimento de PEB para organizações civis.

A ferramenta pode ser entendida como um template desenvolvido em forma de contrato sobre a plataforma Microsoft Word® utilizando o Método Penn State e deve ser refeito a cada empreendimento. Isto quer dizer que o documento implica na agilização do processo de desenvolvimento, pois apresenta uma organização inteligente dos itens essenciais ao PEB e algumas outras informações relevantes que são comuns a todos os projetos da USAF, mas ainda assim não dispensa o pleno conhecimento do Método Penn State.

#### **5.3.1 Instruções e informações de referência**

A primeira seção apresenta e explica o próprio modelo, além de guiar o usuário para endereços externos de referência.

Aqui aparecem também informações sobre a legenda de cores do template. Aponta que as sentenças em vermelho são instruções e devem ser apagadas na versão final.

São, ainda, apresentados endereços de e-mail de responsáveis por sanar dúvidas sobre o preenchimento do modelo.

#### **5.3.2 Informações do projeto**

Essa curta seção, de aproximadamente uma página, provê informações básicas sobre o empreendimento. Começa com a declaração da missão do BIM na organização e é seguida por

informações mais gerais sobre o empreendimento, como usuários finais, nome do empreendimento, localização, tipo de contratação, descrição breve do projeto e informações catalográficas.

### 5.3.3 Principais Contatos

Esta seção apresenta uma lista com informações relevantes sobre cada um dos líderes das equipes de projeto listadas. A lista contém as seguintes informações:

- Função
- Empresa
- Nome
- E-mail
- Fuso-Horário
- Número de telefone

É interessante notar que a lista de funções grafadas em preto é obrigatória, mas a lista ainda pode ser expandida.

### 5.3.4 Metas do projeto / objetivos do BIM

Descreve como o modelo BIM é utilizado para maximizar o valor do empreendimento. É particionada em três subseções.

#### 5.3.4.1 Principais objetivos BIM

Aqui são apresentados cinco objetivos definidos e fixados pela USAF que não devem ser removidos, mas outros objetivos podem ser adicionados. Os cinco objetivos aparecem na Tabela 3.

Tabela 3 – Principais Objetivos BIM [15].

Objetivos BIM	Descrição
Integrar projeto BIM as ferramentas da USAF	Integrar os dados do BIM com o gerenciador de instalações e o GeoBase da USAF

<b>Apoiar o time Total Force Civil Engineer utilizando ferramentas informáticas de ponta</b>	O projeto BIM deve utilizar e ser integrado por ferramentas aprovadas pela USAF
<b>Buscar instalações sustentáveis e gerenciamento de ativos</b>	Prover ferramentas informáticas que suportem um programa de planejamento de ciclo completo. Implementar análises energéticas e sensoriamento para o monitoramento da performance dos sistemas.
<b>Eliminar incompatibilidades</b>	Utilizar ferramentas de Clash Detection.
<b>Prover registro 3D Preciso</b>	O Registro 3d deve conter, no mínimo, o resultado de todo o processo BIM de projeto.

#### 5.3.4.2 Usos do BIM

Nessa subseção é apresentada uma tabela com os usos do BIM propostos no Método Penn State separados em quatro etapas da vida do empreendimento: Planejamento, Projeto, Construção e Operação. Nessa tabela cada um dos usos do BIM que serão utilizados no empreendimento deve ser assinalado, e alguns deles, que já estão assinalados no template, são obrigatórios.

#### 5.3.5 Funções organizacionais

Aqui são encontradas duas listas. Uma delas é preenchida com cada uso do BIM selecionado, e para cada fase do empreendimento, selecionando o time de projeto que irá executar aquele uso.

A segunda lista representa as melhorias nos usos do BIM e a descrição do valor agregado por essa melhoria.

### 5.3.6 Projeto de processo BIM

Aqui são apresentados fluxogramas de processos dos usos do BIM. Os fluxogramas são classificados em dois níveis.

**Nível 1** – É o mapa processual que representa a união de todos os usos do BIM. Nele é possível observar a ordem de execução, bem como os entregáveis de cada uso e as trocas de informações mais relevantes.

**Nível 2** – O mapa nível 2 representa o fluxograma de trabalho interno de cada uso BIM, mas também são representados os entregáveis e as trocas de informações com outros usos do BIM.

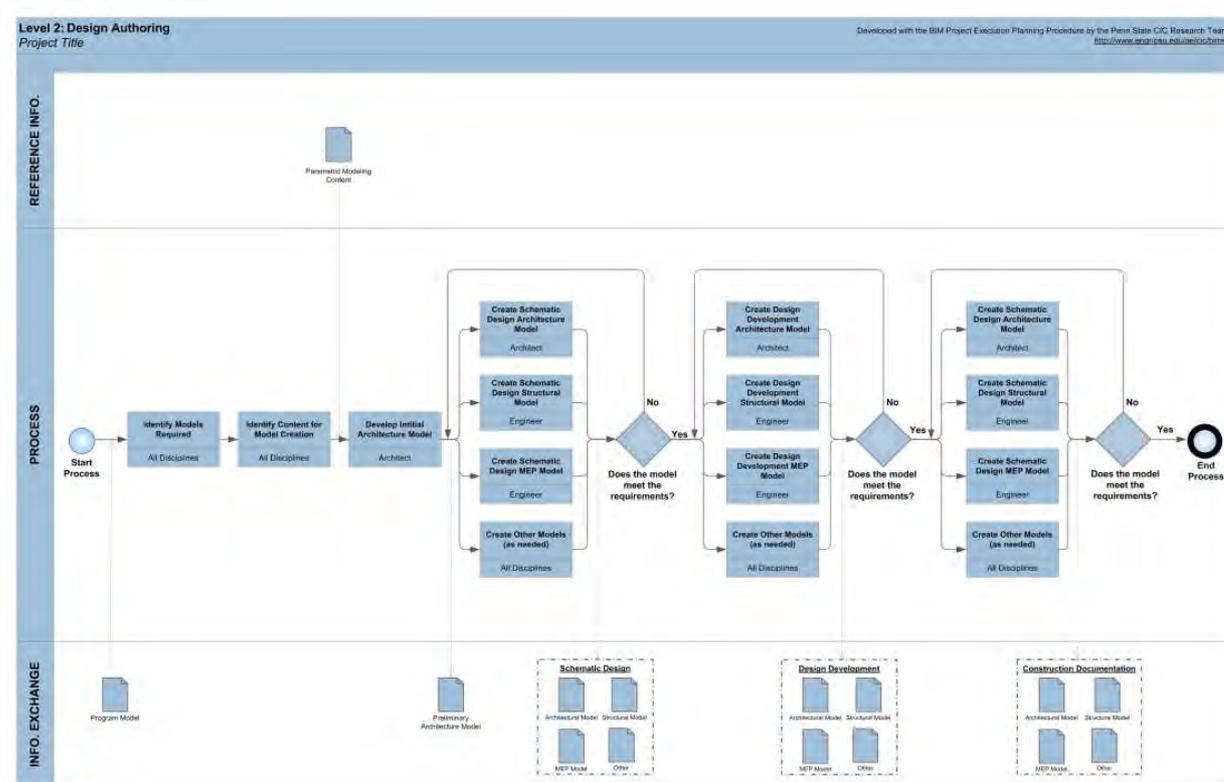


Figura 4 – Mapa detalhado de processo Level 2 [15].

### **5.3.7 Troca de informações BIM**

Aqui deve ser apresentada uma lista de informações a serem trocadas entre as equipes de projeto. Existe um anexo em Microsoft Excel® que organiza de forma eficiente as informações a serem trocadas.

### **5.3.8 Procedimentos de colaboração**

Essa seção deve apontar a estratégia e as atividades de colaboração.

A estratégia deve descrever como os times colaborarão nas atividades interdisciplinares. Isto é os meios de comunicação e procedimentos de entrega, gerenciamento de arquivos, atualização, etc.

Já a listagem das atividades colaborativas deve ser executada observando-se o mapa processual de nível 1. Além da listagem das atividades colaborativas, a lista reitera o caráter contratual da colaboração, o estágio do projeto em que acontece a troca, a frequência que a colaboração ocorrer, os participantes e a localização do encontro (se presencial) ou o meio de comunicação (se remoto).

### **5.3.9 Controle de qualidade**

Nessa seção é definida a estratégia geral para o controle de qualidade dos entregáveis (o template não apresenta qualquer informação adicional sobre esse procedimento), e apresenta uma lista com as checagens que devem ser realizadas a cada entrega, uma breve descrição de como proceder com cada uma das checagens, o time responsável, o software a ser utilizado e a frequência de checagens.

### **5.3.10 Infraestrutura tecnológica necessária**

Aqui são requeridas duas listas: Softwares e Padrões BIM/CAD.

### **5.3.10.1 Softwares**

A lista deve conter o uso do BIM ao qual o software está relacionado, a função do usuário, o nome do software e a versão.

A USAF não restringe o uso dos softwares, mas obriga que exista a compatibilidade com a linha de softwares da Autodesk.

### **5.3.10.2 Padrões BIM e CAD**

Aqui são fixados os formatos padrões para o compartilhamento de arquivos.

### **5.3.11 Padronizações**

Aqui devem ser definidas três padronizações:

- Padrão de nomenclatura de arquivos
- Estrutura do modelo – Descreve como é organizado o modelo
- Unidades e sistemas coordenados

### **5.3.12 Entregáveis de projeto**

Nesta seção devem ser definidos os resultados entregáveis de projeto. A lista já está preenchida com alguns itens obrigatórios, mas deve ser completada de forma que contemple todos os entregáveis.

Além da nomeação dos entregáveis em si, a lista também apresenta o estágio onde o documento deve ser entregue, o formato da entrega e um espaço para observações.

## **5.4 Catálogos BIM da FDE**

Como já citado, um catálogo BIM não pode ser confundido com um PEB, mas ele é, de fato, uma parte muito relevante no desenvolvimento de um PEB e é uma peça fundamental para uma implementação do BIM num empreendimento.

O catálogo é um conjunto de arquivos e regras que atuam no nível operacional do projeto. Isso quer dizer que as instruções dele têm influência direta sobre o projetista final quando este trabalha sobre o modelo.

No caso do FDE, o catálogo pode ser dividido em duas grandes seções: Famílias e Templates, e cada uma dessas grandes seções contém os objetos em si e o manual de utilização.

### **5.4.1 Templates**

Os templates podem ser entendidos como um ambiente de trabalho dentro do software. No arquivo do template já devem estar pré-carregadas, por exemplo, as famílias, as vistas, as pranchas e as padronizações. Isso otimiza o trabalho do projetista e garante que esteja de acordo com “as regras do jogo”.

No caso do FDE, esses ambientes de trabalho são quatro, onde cada um deles são compostos por dois itens, como mostrado a seguir:

Ambientes:

- Arquitetura
- Elétrica
- Estrutura
- Hidráulica

Itens:

- Template
- Manual do Template

### **5.4.2 Manual do Template**

Os manuais de famílias da FDE são documentos muito bem estruturados e completos, eliminando a grande maioria das dúvidas que o projetista pode ter ao localizar um objeto.

A estrutura dos manuais, se repete e segue um padrão. Aqui será utilizado como exemplo o manual do template de arquitetura, que está contido num arquivo com a extensão PDF em apresentação no estilo de Slides de quinze páginas, transcrito a seguir:

### 5.4.2.1 Padrões Gráficos

Tabela Espessuras de linha

Matriz discriminando espessura por escala e peso

- Linhas de modelo
- Linhas de perspectiva
- Linhas de anotação

Padrões de linha

Tabela discriminando Nome, Padrão visual de linha (pattern) e propriedades

Estilos de linha

Tabela discriminando Categoria, peso da linha, cor da linha e padrão de linha

### 5.4.2.2 Famílias Anotativas

O Template pode apresentar cinco informações sobre cada uma das famílias anotativas:

Representação visual, Nome, Utilização, Preenchimento, Observação.

As famílias anotativas são subdivididas entre doze categorias:

1. Eixo
2. Corte
3. Elevação
4. Chamada de detalhes
5. Título das vistas
6. Nível
7. Cotas de nível
8. Cotas
9. Inclinação
10. Nome dos ambientes
11. Identificadores (Tags)
12. Simbologias específicas

Exemplo:

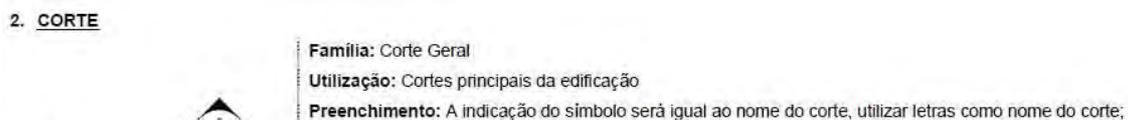


Figura 5 – Exemplo de descrição de família anotativa [14].

### 5.4.2.3 Modelos de Vistas

Lista contendo nome dos modelos, utilização e observação das vistas.

Exemplo:

**Nome:** EX\_Elevação

**Utilização:** Elevações de projeto executivo e Anteprojeto

**Observações:** Utilizar escalas 1:50 ou 1:75

### 5.4.2.4 Tabelas

Lista contendo nome das tabelas, utilização e observação de todas as tabelas requeridas.

Exemplo:

**Nome:** Tabela de áreas

**Utilização:** Folha de implantação do projeto executivo ou anteprojeto para compor o quadro de áreas

Observações:

- Essa tabela será preenchida automaticamente, conforme aplicação correta dos ambientes.
- Todas as paredes de revestimentos ou pinturas deverão ter a opção “Delimitação de ambientes” DESMARCADAS, para não interferirem no cálculo de áreas por eixo de alvenaria.
- Utilizar o campo “Departamento”, para indicar o tipo de uso da área. Exemplos: Pedagógico, Circulação... etc.
- Para as áreas externas indicar no campo “Ocupação”, utilizando o texto “ÁREA EXTERNA”

### 5.4.3 Famílias

Um dos principais sucessos do BIM é a sua estrutura de dados e, nessa estrutura de dados, cada um dos objetos presentes no projeto, sem exceção, pertencem a uma família.

Segundo a definição apresentada dentro do próprio Autodesk REVIT®, família é um grupo de elementos com um conjunto de propriedades comuns, chamadas de parâmetros, e uma representação gráfica relacionada. As variações na família são chamadas de Modelos e Tipos.

Um exemplo de tipo pode ser um modelo específico de porta. Este tipo comporta uma infinidade de dados sobre a porta, como geometria, materiais, tipo de fechadura, etc. Além disso, existem variáveis parametrizadas, como a altura, largura e espessura da porta. Quando o projetista especifica valores para essas variáveis e loca essa porta no projeto, esse conjunto de dados pode ser chamado de componente.

Como citado anteriormente, todos os objetos dentro de um projeto BIM pertencem a uma família e, por isso, existem ainda famílias que são um pouco mais difíceis para o usuário compreender. Além dos elementos construtivos, como portas ou paredes, existem famílias anotativas e de representação, por exemplo, onde encaixam-se caixas de texto e vistas, respectivamente.

No caso do FDE, o catálogo de famílias se resume especificamente às famílias construtivas (as famílias anotativas ou de representação estão dispostas diretamente dentro dos templates), e são separadas em alguns grandes grupos:

- Abrigos, canaletas, guias e tampas de alçapão.
- Coberturas, calhas e rufos.
- Componentes de acessibilidade
- Corrimãos e guarda corpos
- Cubas, bancadas e prateleiras
- Elétrica
- Esquadrias
- Estruturas
- Fechamentos e divisórias
- Forros
- Fossas e sumidouros
- Hidráulica
- Hidrossanitários
- Luminárias
- Mobiliário
- Mobiliário externo
- Pisos
- Portas e soleiras

- Portões
- Quadras e equipamentos esportivos
- Reservatórios de concreto
- Reservatórios metálicos
- Sinalizações
- Vedações, revestimentos e pinturas

#### 5.4.4 Manuais das famílias

Os manuais de famílias da FDE são documentos muito bem estruturados e completos, eliminando a grande maioria das dúvidas que o projetista pode ter ao local um objeto.

A estrutura dos manuais, se repete e segue um padrão. Aqui será utilizado, como exemplo, o manual de abrigos de gás, que também está contido num arquivo com a extensão PDF em apresentação no estilo de Slides está contido em quatro páginas, transcrito a seguir:

##### **Aplicação**

Abrigo e cavalete, abrigo de gás, Abrigo para medidor Comgás ou concessionária local, abrigo de gás, abrigo para bomba de incêndio, abrigo para hidrante, abrigo para bomba de incêndio, abrigo para lixo, abrigo para resíduos recicláveis.

##### **Categoria**

Equipamento Especial

**Ferramentas no Autodesk REVIT® para utilização de abrigos no projeto**

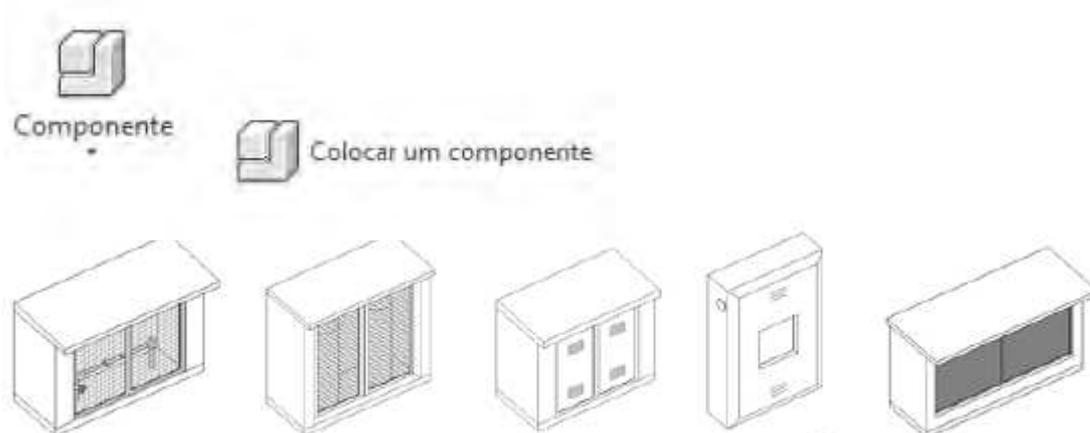


Figura 6 – Descrição visual de ferramenta e showroom [14].

## Lógica de nomenclatura da família e do tipo

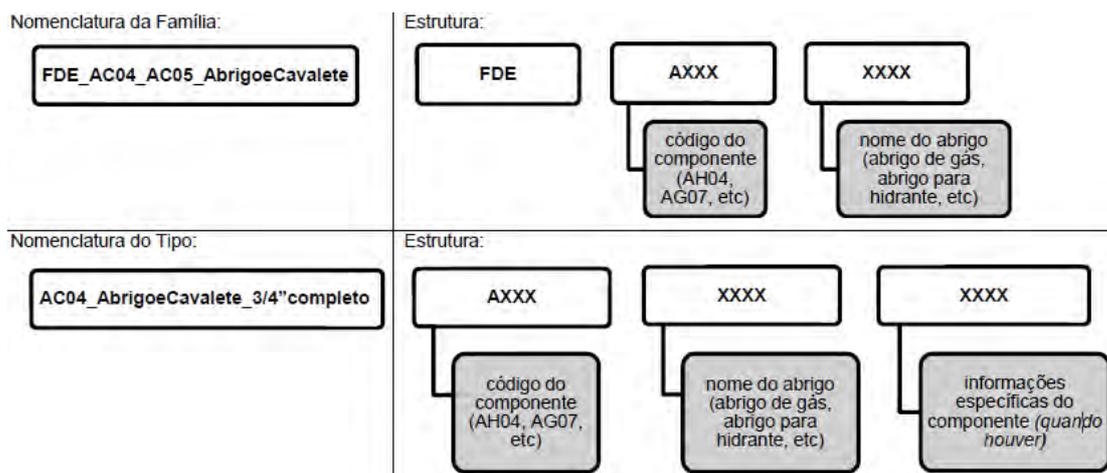


Figura 7 – Lógica de nomenclatura de família e de tipo [14].

### Principais ações para os abrigos

- Inserir o componente no projeto através da ferramenta Componente.
- Posicionar o componente no local desejado, confirmar ou alterar o Nível e, se necessário, ajustar o Deslocamento, ou seja, a altura da base do abrigo em relação ao nível inserido – Figura 8.
- Escolher a pintura para a alvenaria do abrigo, quando puder ser especificado em projeto - Figura 9.

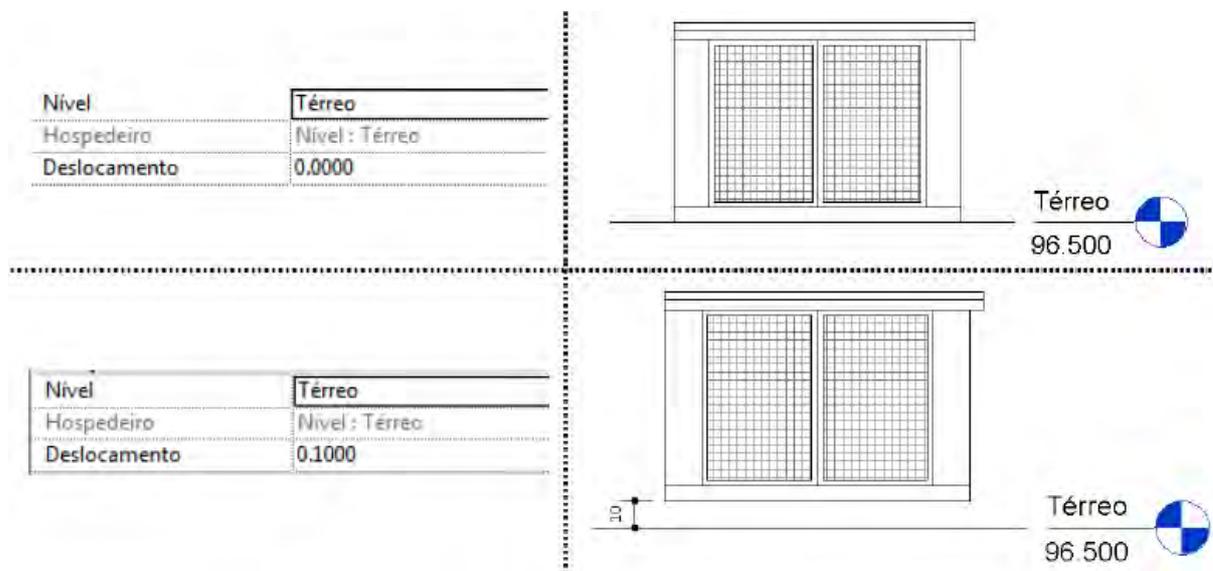


Figura 8 – Guia para o posicionamento vertical do abrigo [14].

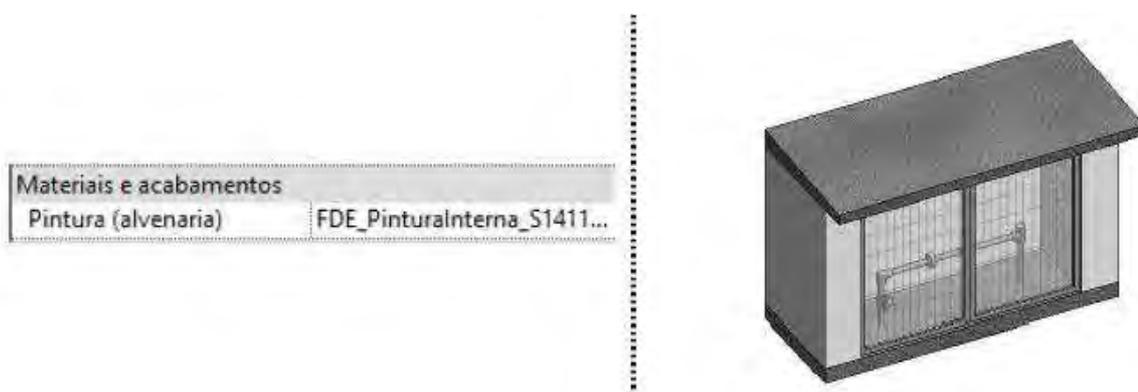


Figura 9 – Guia para a seleção de material para pintura [14].

### Documentação

Para identificar uma família de canaleta, **utiliza nota-chave do elemento**. Este parâmetro refere-se ao código da ficha do Catálogo de Componentes da FDE.



Figura 10 – Guia para a inserção de nota-chave [14].

Esse parâmetro poderá ser extraído em tabela, através do campo **Nota-Chave** junto ao código de serviço do vedo, através do campo **Código de Montagem**:

Nota-chave	Descrição	Código de montagem
AC-04	Abrigo e cavalete de 3/4" completo	08.01.001

Figura 11 – Tabela descritiva de Nota-chave [14].

### Checklist do processo de utilização do componente em projeto

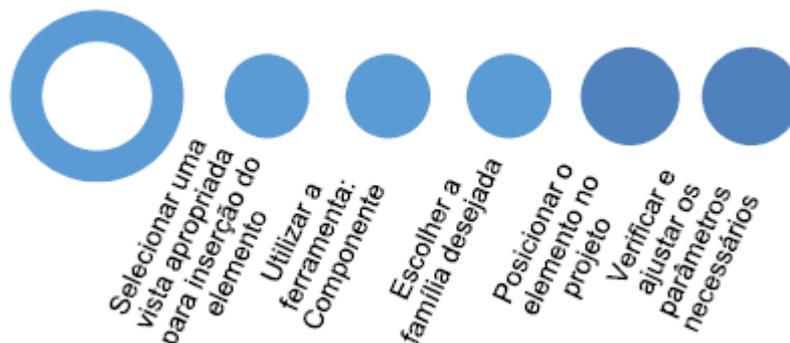


Figura 12 – Representação do checklist do processo de inserção de abrigo [14].

## 5.5 Comparação

Um cenário ideal para a elaboração de um PEB poderia ser que todos os líderes de equipes que utilizam BIM conhecessem o Método Penn State e que este fosse inteiramente aplicado ao início de cada projeto. Esta solução, porém, é muito custosa, pois o Método pode ser demasiadamente completo e complexo para o desenvolvimento de PEB para alguns projetos, principalmente os de baixo valor. Para amenizar este problema de custo, as organizações podem, e devem, propor soluções para o desenvolvimento de PEB que sejam menos genéricas que a inteira execução do Método Penn State e que adaptem à sua realidade e às suas necessidades.

Nesse sentido, de acelerar e aprimorar o desenvolvimento de um PEB para situações menos genéricas, foi observado uma tentativa de criar estruturas de dados, ou templates, e a inclusão de ferramentas e usos do BIM que são muito comuns aos projetos daquelas instituições. Este é o caso tanto do Guia de Contratação e Elaboração de Projetos BIM da ABDI, quanto do USAF Building Information Modeling Project Execution Plan (PxP).

Para a comparação efetiva entre os dois processos citadas acima, e considerando que a aplicação do Método Penn State seria o cenário ideal, será comparado como cada um dos processos responde aos doze itens citados no Guia da Penn State como conteúdo obrigatório de um PEB, listados em 5.1.5.

### **5.5.1 Informações Gerais do PEB**

Esta seção deve apresentar e motivar o uso do PEB.

Esta informação está presente nos dois processos logo no início dos documentos. A apresentação no template da ABDI é muito mais completa e bem organizada, porém o template da USAF contém o contato pessoal de pessoas designadas a sanar dúvidas sobre a ferramenta, o que pode ser bastante útil e agilizar o processo.

### **5.5.2 Informações do Projeto**

O Plano deve conter informações gerais do projeto como, identificação, descrição, localização, data de entrega.

Estas informações estão presentes no template da USAF em Section A, e no template da ABDI na aba Descritivo.

Os dois apresentam as informações gerais básicas, como Nome do empreendimento, Localização, Contratante, Resumo descritivo.

O Template da ABDI tem como diferencial a apresentação de alguns objetivos gerais, que podem ser bastante úteis num primeiro contato com o projeto, como Certificações pretendidas, Nível de desempenho, disponibilidade orçamentária, prazos almejados e etc.

Por outro lado, o template da USAF também apresenta alguns dados interessantes como a especificação do tipo de contrato e as informações catalográficas do empreendimento. Além disso, apresenta uma declaração da missão do BIM na USAF e os Requisitos Mínimos BIM para contratações da USAF.

### **5.5.3 Principais Contatos**

A fim de agilizar as trocas de informação, deve ser apresentada uma lista com os principais contatos de cada disciplina de projeto.

Os dois processos contemplam estas informações, porém os dados requeridos pelo template da USAF (Função, Organização, Nome, E-mail, Fuso-horário e Número de telefone)

são eficientes em facilitar o contato entre diversas equipes, enquanto no template da ABDI é apresentado apenas uma lista dos participantes, sem maiores informações.

Além disso, os dois documentos apresentam uma lista das funções comuns aos projetos realizados, o que deve agilizar e evitar erros no processo de preenchimento.

O template da ABDI apresenta, ainda, outra informação que foge um pouco do que está descrito no Guia da Penn State, mas também funciona no sentido de facilitar a comunicação e resolução de conflitos, que é o Organograma Contratual de Projeto. Nele é apresentada a estrutura hierárquica das equipes de projeto.

#### **5.5.4 Objetivos BIM**

Aqui deve ser documentado o valor estratégico e os usos do BIM para o projeto, como definido no planejamento inicial.

A ferramenta da USAF apresenta uma lista com os objetivos BIM e sua descrição. Esta lista está preenchida com cinco objetivos BIM que são comuns a todas as contratações em BIM da USAF.

Além disso, em seguida, o template da USAF apresenta uma lista com os usos do BIM, que são os mesmos presentes no Guia da Penn State, sendo que alguns desses usos são marcados como obrigatórios a todos os empreendimentos da USAF, sendo os outros opcionais. A seleção dos usos opcionais depende dos objetivos da implementação do BIM no empreendimento.

Apesar de a ferramenta da ABDI não apresentar conexão direta entre os usos do BIM e os objetivos, a forma pela qual os usos do BIM são apresentados é bem interessante. O ciclo de vida do empreendimento é dividido em dez etapas, que vão de inepção e viabilidade até operação. Para cada uma destas fases são escolhidos os usos do BIM que são previstos.

#### **5.5.5 Papéis organizacionais**

Os papéis dentro de cada organização devem ser definidos e seus respectivos responsáveis identificados.

Os dois processos respondem a essa questão de definição dos papéis, porém existe uma diferença conceitual na separação entre as equipes de projeto.

Enquanto o template da USAF, que segue o Método Penn State, apresenta a proposta de definir um responsável por cada uso do BIM; o material da ABDI propõe a definição de um responsável para cada processo e a seleção dos usos do BIM que apresentam ganhos para a completude desse processo, deixando entender que cada responsável por processos também vai ser responsabilizado por todos os usos do BIM que apresentam relação com o seu processo.

### **5.5.6 Descrição de processo BIM**

Aqui deve figurar o processo de execução BIM, que são ilustrados pelos mapas de interações.

Embora a ferramenta da ABDI não separe espaço para a introdução do Mapa de descrição de processos BIM dentro do arquivo em Excel® que centraliza as informações, são fornecidas informações e templates em Visio® para a elaboração dos mapas.

O template da USAF designa uma seção específica para registrar esses mapas e também apresenta um template em Visio® para a elaboração dos mesmos.

### **5.5.7 Permutas de Informação**

Essa seção deve definir detalhadamente as informações necessárias para a execução de cada uso do BIM.

A ferramenta da ABDI não se propõe a responder esse problema, mas a ferramenta da USAF entrega um anexo em Excel® que organiza as informações requeridas por cada um dos usos do BIM, em cada uma das etapas da vida do empreendimento.

Por outro lado, a ferramenta da ABDI apresenta a Matriz de responsabilidade no desenvolvimento dos elementos projetuais, que se propõe a discriminar o responsável pelo desenvolvimento de cada um dos elementos projetuais e o nível de desenvolvimento requerido para cada fase do projeto.

### **5.5.8 Requisitos de dados do BIM e do empreendimento**

Alguns clientes apresentam requisitos BIM bastante específicos. É importante que o PEB documente estes requisitos para que as equipes possam se planejar para entregar os produtos na forma que o cliente pedir.

O template da USAF possui uma seção dedicada à definição dos requisitos BIM e um anexo e um documento que contém um template para a Matriz de Modelagem Mínima, mas o autor deste trabalho não conseguiu acesso a esta matriz.

A ferramenta da ABDI apresenta a Matriz para Definição de Requisitos dos Espaços, que é uma solução bastante interessante, mas parcial. Isto é, a matriz é uma ferramenta bastante completa para definir os requisitos do cliente para os espaços, mas apenas isso, deixando de lado, por exemplo, requisitos de usos do BIM.

### **5.5.9 Procedimentos colaborativos**

O time deve estruturar o trabalho colaborativo. Isto inclui a política de gerenciamento dos modelos, e também agendamento de reuniões.

O template da USAF requer que sejam adicionados os procedimentos de colaboração, mas não apresenta nenhuma proposta ou informações relevantes. Além disso, traz uma tabela com as atividades colaborativas e algumas já fixadas como requeridas pela USAF, e define se a atividade de colaboração é requerida por contrato, os estágios do projeto onde a atividade vai ser necessária, a frequência das reuniões, os participantes e a localização (ou plataforma, no caso de ser uma reunião virtual).

Já o template da ABDI fixa várias informações que devem ser definidas para uma boa interação entre as equipes, mas não apresenta um plano de reuniões como o da USAF.

### **5.5.10 Procedimentos de controle de qualidade dos modelos**

A fim de garantir a qualidade do modelo em cada fase do projeto, e antes de trocas de informações, os membros devem documentar uma estratégia geral para o controle de qualidade

do modelo. Cada modelo BIM criado deve ser planejado, considerando o conteúdo, o nível de detalhamento, formato, times responsáveis por atualizações e o meio de entrega do modelo.

Novamente, o template da USAF não propõe uma estratégia para o controle de qualidade, mas propõe algumas checagens a serem feitas a cada entrega, além do responsável por isso e o software necessário.

Já a ferramenta da ABDI não se propõe a resolver este problema, apesar do Guia da ABDI reforçar a importância do controle de qualidade nas entregas dos documentos.

### **5.5.11 Infraestrutura tecnológica necessária**

A infraestrutura aqui pode ser entendida como três fatores: software, hardware e padrões de BIM/CAD (inclui Manual e Catálogo BIM).

A ferramenta da USAF propõe a listagem dos softwares pelo Uso do BIM e pelo usuário, informando o software e a versão. Também propõe que seja definida uma estratégia para a padronização dos modelos, mas não identifica nenhum exemplo de como executar esta tarefa. Além disso não abrange infraestrutura de hardware.

Já a ferramenta da ABDI fixa o formato de arquivos e várias outras padronizações, mas não busca definir infraestrutura de hardware ou software.

### **5.5.12 Estrutura do modelo**

Aqui deve ser encontrada a estrutura da modelagem, nomenclatura de arquivos, sistema de eixos coordenados e padrões de modelagem.

Os dois planos reafirmam a importância da padronização da nomenclatura de arquivos, da estrutura do modelo e das unidades de medida e dos sistemas coordenados, mas o da ABDI é bem mais específico e já traz os campos a serem preenchidos e breves descrições do conteúdo.

### **5.5.13 Entregáveis**

Nesta seção devem ser registrados os entregáveis requeridos pelo contratante. Informações como formato e prazos também devem ser observados.

Enquanto a ferramenta da ABDI não procura resolver este problema, o template da USAF já define alguns entregáveis, e deixa livre para outros serem adicionados.

#### **5.5.14 Contrato**

Esta seção deve definir a estratégia de entrega utilizada na empreitada. A estratégia de entrega (projeto-construção ou projeto-licitação-construção) impactará a implementação e a linguagem incorporada nos contratos para garantir o sucesso da implementação BIM.

Apesar dos Guias da ABDI e da Penn State frisarem a importância da definição em contrato dos entregáveis de projeto e de um método para quantificar o avanço das equipes durante o projeto, nenhum dos dois guias apresentam ferramentas para isto.

Esta etapa é de extrema importância para o bom funcionamento de um projeto em BIM envolvendo múltiplas organizações e deve ser estudada com mais cuidado.

### **5.6 Resultados**

Como observado, o USAF Building Information Modeling Project Execution Plan (PxP) é quase uma aplicação fiel do Penn State BIM Project Execution Planning Guide e isso faz do template da USAF uma ferramenta bastante genérica e simples. Além disso, a plataforma Word® faz do template um documento que pode ser impresso, e isso pode ser bastante relevante em algumas organizações.

Já a ferramenta da ABDI também sofreu claras influências do Método Penn State, mas sua operação diverge em diversos pontos. Algumas dessas divergências podem ser solucionadas com relativa facilidade, enquanto outras parecem, e podem, ser uma evolução do Método Penn State, mas como este último é o método mais reconhecido e testado, qualquer diferença deve ser analisada com atenção.

Para clarificar a relação entre os dois processos, elaborou-se a Tabela 4, que é uma representação gráfica simplificada da comparação realizada entre as duas.

Tabela 4 – Representação simplificada da comparação realizada.

	Guia ABDI	USAF PxP Template
<b>1 Informações do PEB</b>	Contempla	Contempla
<b>2 Informações do Projeto</b>	Contempla	Contempla
<b>3 Contatos Chave</b>	Incompleto	Contempla
<b>4 Objetivos BIM</b>	Não Contempla	Contempla
<b>5 Papeis Organizacionais</b>	Nova Abordagem	Contempla
<b>6 Mapeamento de Processos</b>	Incompleto	Contempla
<b>7 Intercâmbio de Informações</b>	Nova Abordagem	Contempla
<b>8 Requisitos BIM do Contratante</b>	Incompleto	Contempla
<b>9 Procedimentos Colaborativos</b>	Incompleto	Contempla
<b>10 Controle de Qualidade</b>	Contempla	Incompleto
<b>11 Infraestrutura Tecnológica</b>	Contempla	Contempla
<b>12 Estrutura do Modelo</b>	Contempla	Incompleto
<b>13 Entregáveis Intermediários</b>	Não Contempla	Contempla
<b>14 Requisitos e Termos de Contrato</b>	Não Contempla	Não Contempla

Legenda	
Contempla	(Verde)
Incompleto	(Amarelo)
Não Contempla	(Laranja)
Nova Abordagem	(Azul)

Além disso, observou-se que nenhuma dos dois processos contém um manual ou catálogo BIM tão completo e claro quanto o Catálogo da FDE. Vale ressaltar a importância do desenvolvimento de um catálogo BIM, principalmente para órgãos pertencentes à União e empresas estatais. Esta relevância acontece porque os órgãos da união, além de realizarem grandes obras com frequência, sentem uma grande dificuldade de contratar projetos em BIM por causa da ausência de padronizações e dificuldades em se fazer um controle de qualidade, e a elaboração de um Manual BIM, que é o documento que define as regras da modelagem em BIM, representa um grande passo na viabilização destas contratações.

Como a relação entre todos os processos listados pode ficar bastante confusa, criou-se o seguinte diagrama que relaciona os componentes abordados - Figura 13.

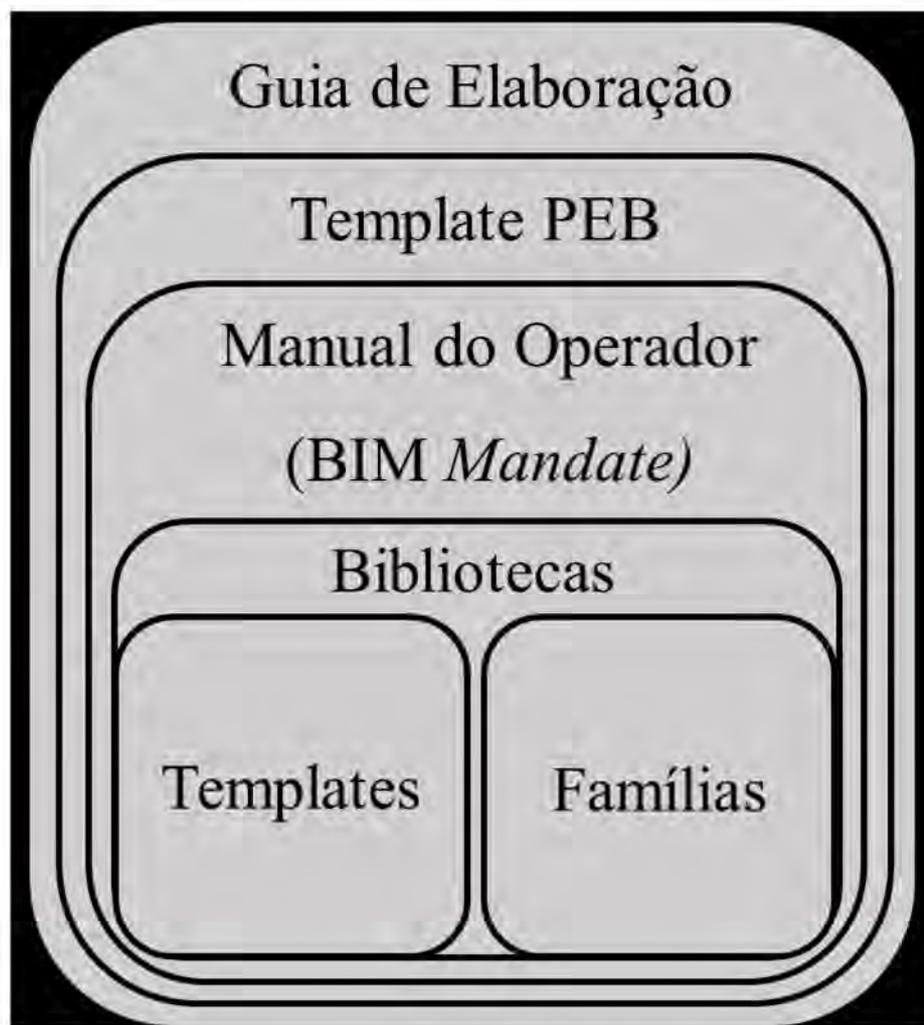


Figura 13 – Diagrama de relação entre processos.

Em Guia de Elaboração é um guia detalhado sobre cada um dos itens do PEB. Podem ser enquadrados nessa categoria o Guia da ABDI e o Guia da Penn State University.

Já em template de PEB é uma aplicação quase direta do Guia de Elaboração. O template deve ser uma forma inteligente e genérica de centralizar as informações requeridas pelo Guia. Podem ser enquadrados o U.S. Air Force PxP e a planilha Plano de Execução disponibilizada junto ao Guia da ABDI.

Manual do Operador, bem como Bibliotecas, Templates e Famílias é onde se enquadra o conteúdo do Catálogo da FDE.

## 5.7 Aplicação na FAB

Como já citado, a implementação do BIM nos projetos de edificações da FAB já começa a acontecer, mas os resultados práticos observados ainda são poucos. Na intenção de catalisar essa implementação, a criação de processos para o desenvolvimento de PEB é de extremo interesse.

Por outro lado, além do trabalho aqui desenvolvido e de outros subsequentes, é de importância fundamental que seja definido a nível organizacional os objetivos estratégicos para a implementação do BIM. Somente assim será garantido que exista um real interesse e emprego das ferramentas desenvolvidas.

Além disso, a fim de reduzir a resistência dos próprios projetistas nessa implementação, é relevante que o PEB se adapte, o máximo possível, ao modus operandi das equipes de projeto, e não o oposto. Isto inclui, por exemplo, evitar alterações drásticas nas equipes de projeto e incluir no PEB ferramentas e processos que já são utilizados pelas equipes.

Um outro ponto relevante é que o desenvolvimento e aplicação do PEB não pode ser demasiadamente oneroso para as organizações. Nesse caso ele poderia, inclusive, funcionar de modo contrário ao esperado e gerar conflitos e atrasos no projeto.

Assim, fica claro que todos os envolvidos nas etapas de projeto devem participar ativamente na elaboração do PEB e que os objetivos e vantagens da implementação do BIM sejam claramente compreendidos e aceitos. Dessa forma, e somente desta forma, é possível garantir que seja extraído todo o potencial da utilização de modelos BIM.

## 6 Conclusão

Diante de todos os resultados alcançados, representados pelos métodos pesquisados e selecionados para o presente trabalho, e pertinente análise comparativa dos mesmos é seguro afirmar que o estudo atingiu os objetivos para os quais foi proposto.

Neste trabalho foi apresentada uma contextualização, que tinha como principal objetivo alertar o leitor da relevância da implementação das tecnologias BIM na Força Aérea Brasileira e, mais especificamente, do desenvolvimento de processos para a criação de Planos de Execução BIM.

Realizou-se ainda uma revisão bibliográfica, apresentando um pouco da história do desenvolvimento de modelos computacionais focados para a construção civil. Ainda nessa revisão, foram apresentados conceitos relevantes para nivelar o leitor e garantir um bom entendimento das análises realizadas.

Ainda neste trabalho, foram selecionados quatro processos para serem analisados. Cada um deles foi revista, item a item, e essa revisão foi seguida por análise comparativa pertinente seguida de discussão sobre a aplicação no cenário da FAB.

Por oportuno, importante reforçar que a implementação de uma ferramenta tão poderosa quanto o BIM em uma organização com a amplitude da FAB é um grande desafio e exige pleno engajamento de todos os envolvidos.

Como produtos esperados deste engajamento, ainda existe um amplo espectro de temas e outros trabalhos a serem desenvolvidos em complemento ao escopo correspondente ao presente TG. Alguns dos mais latentes são:

- Declaração dos objetivos estratégicos da FAB com a implementação do BIM.
- Desenvolvimento do manual de elaboração PEB para projetos da FAB.
- Elaboração do Catálogo e do Manual BIM para a contratação de projetos pela FAB.

Definição dos requisitos mínimos do BIM para a contratação de projetos pela FAB.

## 7 Referência Bibliográfica

■ FORÇA AÉREA BRASILEIRA. Concepção Estratégica Força Aérea 100 Anos: DCA 11-45. Disponível em: <<http://www.fab.mil.br/Download/arquivos/FA100.pdf>>. Acesso em: 30/10/2018

■ MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. Notícia: Em nove anos, investimentos executados pelo PAC somam R\$ 1,9 trilhão – Brasil, maio 2016. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/noticia/68777baf>>. Acesso em: 30/10/2018

■ Relatório de atividades: 2014 / Tribunal de Contas da União. – Brasília: TCU, 2015. Disponível em: <<https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A8182A14D97A493014D97ADFA4B4CB0>>. Acesso em: 30/10/2018

■ ENGELBART, Douglas C. Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework. Director of information sciences Air Force office of scientific research Washington 25, D.C. 1962

■ EASTMAN, C. et al. An outline of the Building Description System. Pitsburg, Pensilvânia: Universidade Carnegie-Mellon. Setembro 1974. Disponível em: <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED113833.pdf>>. Acesso em: 30/10/2018

■ AISH, Robert. Building Modeling: the key to Integrated Construction CAD. The fifth international symposium on the use of computers for environmental engineering related to buildings. Guildahall, Bath. Julho 1986.

■ KYMMELL, Willem. Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. New York : McGraw-Hill, c2008

■ UNDERWOOD, J. and ISIKDAG, U. Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies. IGI Global. 2010

■ ÇETINER, O. A Review of Building Information Modeling Tools from an Architectural Design Perspective. In UNDERWOOD, J.; ISIKDAG, U. Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies. New York: Information Science Reference, 2009.

■ EASTMAN, C. et al. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 1 ed. Hoboken, Nova Jersey: Editora John Wiley & Sons, Inc. 2008

■ AZHAR, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry, Leadership and Management in Engineering. Leadership and Management in Engineering, 2011. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/276166483\\_Building\\_Information\\_Modeling\\_BIM\\_Trends\\_Benefits\\_Risks\\_and\\_Challenges\\_for\\_the\\_AEC\\_Industry](https://www.researchgate.net/publication/276166483_Building_Information_Modeling_BIM_Trends_Benefits_Risks_and_Challenges_for_the_AEC_Industry)>. Acesso em: 30/10/2018.

■ CAMPESTRINI, Tiago. et al. Entendendo BIM, Curitiba, Paraná, Brasil: Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <[http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/livro\\_entendendo\\_bim.pdf](http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/livro_entendendo_bim.pdf)>. Acesso em: 31/10/2018.

■ Level Of Development Specification for Building Information Modelling, version 2016. Disponível em: <[www.bimforum.org/lod](http://www.bimforum.org/lod)>. Acesso em: 31/10/2018.

■ FDE: Catálogos Técnicos BIM. Disponíveis mediante cadastro em: <<https://produtostecnicos.fde.sp.gov.br/Login.aspx>>. Acessados em: 30/10/2018-

■ U.S. Air Force. Building Information Modeling Project Execution Plan Template. Ver. 2.1. Air Force Civil Engineer Center

■ PORTAL ANPEI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Disponível em: <<http://anpei.org.br/cooperacao-para-inovacao/abdi/>>. Acessado em: 31/10/2018

■ PORTAL MDIC: Guias BIM. Disponível em:<<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim/guias-bim>>. Acessado em: 01/11/2018

■ Processo de projeto BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC/Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: ABDI, 2017.

■ Notícia: Implantação da tecnologia BIM na elaboração de projetos é tema de workshop da CISCEA. Disponível em:< <http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/32574/TECNOLOGIA%20-%20Implanta%C3%A7%C3%A3o%20da%20tecnologia%20BIM%20na%20elabora%C3%A7%C3%A3o%20de%20projetos%20-%20tema%20de%20workshop%20da%20CISCEA>> Acessado em: 31/10/2018

■ Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC/Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: ABDI, 2017.

■ Building Information Modeling Project Execution Planning Guide©2010 by The Computer Integrated Construction Research Group of The Pennsylvania State University. Disponível em: <<http://bim.psu.edu/>> . Acesso em 30/10/2018.

## FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO <p style="text-align: center;">TC</p>	2. DATA <p style="text-align: center;">21 de novembro de 2018</p>	3. REGISTRO N° <p style="text-align: center;">DCTA/ITA/TC-090/2018</p>	4. N° DE PÁGINAS <p style="text-align: center;">73</p>
5. TÍTULO E SUBTÍTULO:  Análise comparativa entre processos para elaboração de plano de execução BIM, visando à aplicação na FAB.			
6. AUTOR(ES):  <b>André Augusto de Vasconcelos Carvalho</b>			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES):  Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR:  BIM, BIM Mandate, PEB, Plano de execução BIM.			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO:  Modelo da informação da construção; Análise comparativa; Ciclo de vida; Construção civil; Engenharia civil.			
10. APRESENTAÇÃO:  ITA, São José dos Campos. Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Frank Cabral de Freitas Amaral Ten. Cel. Eng.; coorientadora: Prof <sup>a</sup> . M <sup>a</sup> Mônica Mendonça Maria. Publicada em 2018.			
11. RESUMO:  Este trabalho assume a missão final de auxiliar a Força Aérea Brasileira no ambicioso plano de disseminar a tecnologia BIM (Building Information Modeling) em seus sistemas de engenharia, a nível nacional. Esse plano germinou da necessidade de melhorar a eficácia e a eficiência da construção civil que, apesar de representar uma larga parcela do orçamento da instituição, ainda trabalha com tecnologias muito ultrapassadas e insatisfatórias.  O BIM, que está sendo uma grande revolução para a construção civil, surge como uma resposta a essas demandas e, além de possibilitar uma melhora considerável da eficiência e eficácia, funciona também como um catalisador para a adoção de novas tecnologias. Catalisador  Por ser uma tecnologia inovadora, e que implica numa profunda alteração das práticas de projeto, o BIM ainda sofre uma grande resistência na sua adoção, e o desenvolvimento de processos para a elaboração do PEB (Plano de Execução BIM) é um grande passo no sentido de reduzir a resistência na adoção.  Por isso, este trabalho se propõe a buscar, selecionar, analisar e comparar os melhores processos disponíveis para o desenvolvimento de um PEB para a FAB.			
12. GRAU DE SIGILO:  <p style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/> OSTENSIVO      <input type="checkbox"/> RESERVADO      <input type="checkbox"/> SECRETO</p>			